สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของผลผลิตในถั่วฝักยาว 5 คู่ ผสมเดี่ยว

The inheritance of yield in 5 single crosses of yard long bean

นายสมภพ ฐิตะวสันต์

RCH
SB
351
.C75
ส271ก
ฉ.1
เลขหมู่........
เลขทะเบียน 115499
วัน,เดือน,ปี 15 มี.ค. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 12312058
i. ....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้สนับสนุนโครงการวิจัยเรื่องนี้ โดยทางคณะฯ ให้งบประมาณเงินรายได้เพื่อการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2553

ผู้ดำเนินโครงวิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ทางด้านวิชาการสำหรับผู้เกี่ยวข้อง นำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและเร่งเร้าให้กสิกรหันมาปลูกถั่วฝักยาวเพิ่มมากขึ้น

รศ.สมภพ ฐิตะวสันต์

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของผลผลิตในถั่วฝักยาว 5 คู่ผสมเดี่ยว

The inheritance of yield in 5 single crosses of yard long bean

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก เงินรายได้

ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ตั้งแต่ ตุลาคม 2552 ถึง กันยายน 2553

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

รศ.สมภพ ฐิตะวสันต์

หลักสูตรพืชสวน สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 02-3298515

บทคัดย่อ

การศึกษาพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ได้แก่ วันออกดอก ความยาวฝักสด น้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม ได้แก่ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก.× พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิ ลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกรเบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. โดยการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยของชั่วแม่ (P1) พ่อ (P2) ลู กผสมชั่วที่ 1 (F1) ลูกผสมชั่วที่ 2 (F2) ลูกผสมกลับแม่ (Bc1) และลูกผสมกลับพ่อ (Bc2) เพื่อศึกษาปฏิกิริยาการทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ปรากฏผลว่าอิทธิพลของยีนแบบผลบวก มีบทบาทมากต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาวและแสดงผลชัดเจนในทุกคู่ผสม ในลักษณะวันออกดอก ความยาวฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้นและน้ำหนักฝักสด ยกเว้น ผลผลิตสดต่อต้นที่พบเพียง 3 คู่ผสมจากถั่วฝักยาวที่ใช้ศึกษา 5 คู่ผสม ขณะที่อิทธิพลของยีนแบบข่ม มีบทบาทน้อยกว่าอิทธิพลของยีนแบบผลบวก โดยลักษณะที่มีอิทธิพลของยีนแบบข่มปรากฏในทุกคู่ ผสม คือจำนวนฝักสดต่อต้น น้ำหนักฝักสดและผลผลิตสดต่อต้น ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวกมีความสำคัญที่สุด และปรากฏในถั่วฝักยาวเกือบทุกคู่ผสมในลักษณะจำนวนฝักสดต่อต้นและน้ำหนักฝักสด ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มมีความสำคัญรองลงมา

การศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตของน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น พบว่า จำนวนฝักสดต่อต้นมี การกระจายตัวมากที่สุดรองลงมา คือ น้ำหนักฝักสดและผลผลิตต่อต้น ตามลำดับ ลักษณะที่แสดงค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง ได้แก่ จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น สำหรับลักษณะความยาวฝักสดและน้ำหนักฝักสด มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ

Abstract

The inheritances of some agronomic characters such as flowering, pod length, pod weight, pod number per plant and yield per plant in 5 hybrid crosses of yard long bean that were Red White KU. × Red KU., Red KU. × Red White KU., Red KU. × Nilmunkgon # 1, Red White KU. × Nilmunkgon # 1 and Nilmunkgon # 1 × Red White KU. Gene actions of each character were evaluated by generation mean analysis consisted of P_1, P_2, F_1, F_2, Bc_1 and Bc_2. Results showed that the additive gene action was important in all characters such as flowering, pod length, pod weight and pod number per plant except of yield per plant found that three crosses from five crosses. The dominant gene action was less important than additive gene. It was found that all crosses i.e. pod number per plant, pod weight and yield per plant. Whereas the epistatic gene action, additive × additive effect was found to be most important almost of crosses in pod number per plant and pod weight character. In the part of additive × dominance effect and dominance × dominance effect were less important than additive × additive effect respectively.

The genetic variation of yield characteristics such as pod weight, yield per plant and pod number per plant in three generations, the result showed that of pod number per plant were more variation than pod weight and yield per plant respectively. Pod number per plant and yield per plant were highly heritable while the pod length and pod weight were lowly heritable.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.2 การปลูกและการปฏิบัติบำรุงรักษา	4
2.3 การผสมพันธุ์ถั่วฝักยาว	8
2.4 การถ่ายทอดลักษณะต่อการแสดงออกของพืช	9
2.5 อัตราพันธุกรรมหรือความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	15
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	15
3.2 สถานที่ทำการทดลอง	16
3.3 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง	16
3.4 วิธีดำเนินการทดลอง	16
3.5 การบันทึกข้อมูล	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 21

4.1 ศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตของน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น 21

4.2 ศึกษาการทำงานของยีน ชั่ว P_1 P_2 F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 23

4.3 ศึกษาอัตราพันธุกรรมหรือความสมารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม 28

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 37

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 40

บรรณานุกรม 42

ภาคผนวก 47

ภาคผนวก ก 48

ภาคผนวก ข 51

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตที่สำคัญในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น 21

4.2 แสดงความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตที่สำคัญในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น 22

4.3 แสดงปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่างๆ ที่ควบคุมวันออกดอก ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 29

4.4 แสดงปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่างๆ ที่ควบคุมความยาวฝักสด ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 30

4.5 แสดงปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่างๆ ที่ควบคุมน้ำหนักฝักสด ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 31

4.6 แสดงปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่างๆ ที่ควบคุมจำนวนฝักสดต่อต้น ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 32

4.7 แสดงปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่างๆ ที่ควบคุมผลผลิตสดต่อต้น ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 33

4.8 แสดงอัตราการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากค่า analysis of variance 36

ก 1 แสดงค่าเฉลี่ยของชั่วต่างๆ ในลักษณะของวันออกดอก (วัน) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 47

ก 2 แสดงค่าเฉลี่ยของชั่วต่างๆ ในลักษณะของความยาวฝักสด (เซนติเมตร) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 47

ก 3 แสดงค่าเฉลี่ยของชั่วต่างๆ ในลักษณะของน้ำหนักฝักสด (กรัม) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 48

ก 4 แสดงค่าเฉลี่ยของชั่วต่างๆ ในลักษณะของจำนวนฝักสดต่อต้น (ฝัก) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 48

ก 5 แสดงค่าเฉลี่ยของชั่วต่างๆ ในลักษณะของผลผลิตสดต่อต้น (กิโลกรัม) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม 49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ข 1	เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 ระหว่าง เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	51
ข 2	เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 ระหว่าง เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	52
ข 3	เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 ระหว่าง เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	53
ข 4	เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 ระหว่าง เมล็ดแดงด่างขาว มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	54
ข 5	เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 ระหว่าง นิลมังกร เบอร์ 1 × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักชนิดหนึ่งที่ชาวเอเชียนิยมบริโภคมากโดยเฉพาะชาวฮ่องกงและสิงคโปร์ นอกจากตลาดเอเชียแล้วตลาดต่างประเทศทางยุโรปซึ่งมีคนเอเชียอพยพเข้าไปอยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก เช่น ฝรั่งเศส อังกฤษ และเยอรมัน ตลอดจนประเทศทางแถบตะวันออกกลางก็นับว่าเป็นตลาดที่ค่อนข้างจะมีความต้องการสูง ถั่วฝักยาวเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคโดยปรุงอาหาร หรือบริโภคสดและมีการแปรรูปบรรจุกระป๋องและแช่แข็งส่งออกขายต่างประเทศ (กรมวิชาการเกษตร.2545) ถั่วฝักยาวจัดเป็นพืชผสมตัวเอง แต่จะมีการผสมข้ามได้บ้าง (เสถียร บุญฤทธิ์. 2530) ถั่วฝักยาวเป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง จากน้ำหนักฝัก 100 กรัม มีโปรตีน 2.6 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.9 กรัม เส้นใย 1.9 กรัม แคลเซียม 43 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 50 มิลลิกรัม และวิตามินซี 12 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ. 2550) จากสถิติกรมส่งเสริมการเกษตร (2547) พบว่าพื้นที่ผลิตถั่วฝักยาวทั้งประเทศมีพื้นที่ 114,840 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 162,556 ตัน ซึ่งในท้องตลาดพบว่ามีถั่วฝักยาวอยู่ 2 ลักษณะคือ ถั่วฝักยาวเลื้อยและถั่วฝักยาวพุ่ม สำหรับในประเทศไทยนอกจากจะผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศแล้วยังผลิตเพื่อการส่งออกทั้งในรูปผลผลิตสดและแปรรูปบรรจุกระป๋องหรือแช่แข็ง ทำให้ความต้องการผลผลิตและเมล็ดพันธุ์มีเพิ่มมากขึ้น แต่ปัจจุบันการผลิตถั่วฝักยาวยังมีปัญหาอยู่หลายประการ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาเรื่องโรคแมลง ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่เหมาะกับอุตสาหกรรมซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาการส่งออกของประเทศไทย อีกทั้งปัญหาด้านแรงงานและต้นทุนในการผลิต

จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้มีปริมาณและคุณภาพที่เพิ่มมากขึ้น โดยการนำวิธีการพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว โดยวิธีการผสมข้ามพันธุ์ (intervarietal hybridization) จะได้ลูกผสมชั่วแรกที่มีลักษณะดีเด่นกว่าพันธุ์ที่ใช้เป็นพันธุ์พ่อและแม่ทุกกรณี เช่น ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น ผลผลิตสูงขึ้น ต้านทานโรคและแมลงได้ดี ให้ผลผลิตสูงและเร็วขึ้น ซึ่งการสร้างสายพันธุ์แท้ (inbred lines) ที่มีลักษณะดีตามต้องการมาผสมพันธุ์เพื่อต้องการความแปรปรวนทางพันธุกรรมให้เกิดขึ้นในประชากรและเปิดโอกาสให้มีการคัดเลือกพันธุ์

ที่ต้องการ ตามวิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชผสมตัวเองต่อไป ดังนั้นการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมขององค์ประกอบผลผลิตบางลักษณะจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะของยีนที่ควบคุมลักษณะทางคุณภาพและลักษณะทางปริมาณบางลักษณะ

1.2.2 เพื่อเป็นข้อมูลทางพันธุกรรมพื้นฐาน ซึ่งนำไปสู่แนวทางในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของถั่วฝักยาวลูกผสมที่ดียิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วฝักยาว 3 พันธุ์ 5 คู่ผสม 5 ชั่วรุ่น โดยศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตของน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และผลผลิตสดต่อต้นรวมถึงการศึกษาการทำงานของยีน อัตราการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ วันออกดอก น้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น ความยาวฝักสด และผลผลิตสดต่อต้น

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่สำคัญของถั่วฝักยาวจากพ่อแม่สู่ชั่วลูกหลาน

1.4.2 เป็นข้อมูลทางพันธุกรรมพื้นฐาน ซึ่งนำไปสู่แนวทางในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของถั่วฝักยาวสายพันธุ์ใหม่ที่ดียิ่งขึ้น

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วฝักยาวเป็นพืชในวงศ์ Leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna unguiculata* var. *sesquipedalis* มีชื่อสามัญว่า yard long bean, asparagus bean, string bean มีจำนวนโครโมโซม 2n = 22 (วไลลักษณ์ เลิศอนันต์ตระกูล. 2522 ; Barnard. 1969) ถั่วฝักยาวมีถิ่นกำเนิดแถบอัฟริกาตะวันตกมีการปลูกนานมาแล้วกว่า 4,000 ปี ต่อมาได้กระจายไปยังอียิปต์ อาหรับ อินเดีย ปัจจุบันพบว่ากระจายอยู่ทั่วไปในเขตร้อนและค่อนข้างร้อน (Purseglove. 1977) ถั่วฝักยาวเป็นพืชฤดูเดียว (annual plant) สามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด ตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียวที่ระบายน้ำได้ดี รากเป็นระบบรากแก้ว แต่รากแก้วสั้น ส่วนรากแขนงแผ่ไปตามผิวดินตื้นๆ กว้างประมาณ 12 นิ้ว รากฝอยอยู่ตื้นมาก รากมีปมเป็นที่อาศัยของแบคทีเรีย ตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ทนต่อสภาพดินที่เป็นกรดอ่อนๆ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 5.5–6.0 ถั่วฝักยาวมีลำต้นเป็นเถาเลื้อยพันตามค้างที่ปักตรงขึ้นไป ยาว 2-4 เมตร การพันค้างจะพันทวนเข็มนาฬิกา ฝักยาว 30-60 เซนติเมตร เมื่อฝักแก่จะพองและเหี่ยวย่น เมล็ดรูปไตอยู่ห่างกัน ใบถั่วฝักยาวเป็นแบบ trifoliate compound leaf ประกอบด้วย 3 ใบย่อยแต่ใบจริงคู่แรกเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) รูปใบเป็นแบบ ovate ถึง lanceolate ขอบใบโดยทั่วไปเรียบ บางครั้งก็เป็น lobe ปลายเป็นใบแหลม โคนก้านมีหูใบอยู่ 1 คู่ ใช้ในการจำแนกพืชตระกูลถั่วได้(อริยา คูโฌทัย. 2523; ทศพร แจ้งจรัส. 2531) ดอกเป็นช่อแบบ raceme เกิดตามมุมใบใน 1 ช่อ มี 2 – 6 ดอก ก้านดอกย่อยสั้นมากทำให้ดอกซ้อนกันแน่นบริเวณปลายดอก (อริยา คูโฌทัย. 2523) ดอกย่อยแต่ละดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศชนิดที่เรียกว่า papillionaceous type ดอกมีขนาด 2 – 2.5 เซนติเมตร กลีบดอกมี 5 กลีบ มีหลายสีเช่น เหลือง ม่วง ม่วงอมเหลือง ขาวอมเหลือง ขาวอมม่วง กลีบดอกขนาดใหญ่มี 2 กลีบอยู่ชั้นนอก เรียกว่า standards กลีบดอกชั้นในเรียกว่า wings มีอยู่ 2 กลีบเช่นกัน แต่มีขนาดเล็กกว่า กลีบดอกชั้นในสุดหุ้มรอบเกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้เหมือนกรวยหรือหลอด เรียกว่า keel เกสรตัวผู้มี 10 อัน เป็นแบบ diadelphous เกสรตัวเมียมี 1 อัน รังไข่เป็นแบบ superior ovary ภายในประกอบด้วย ovule จำนวนมากเรียงตามความยาวของรังไข่แบบ parietal placentation (กมล เลิศรัตน์. 2532)

2.2 การปลูกและการปฏิบัติบำรุงรักษา

การปลูกถั่วฝักยาว

การปลูกโดยการหยอดเมล็ด เมื่อเตรียมแปลงเรียบร้อยแล้วขุดหลุมลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลุมประมาณ 50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 60-80 เซนติเมตร ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัม /ไร่ หรือสูตร 13-13-21 อัตรา 20 กิโลกรัม /ไร่ ใส่รองก้นหลุม ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน หยอดเมล็ดหลุมละ 3-4 เมล็ด แล้วกลบดินรดน้ำให้ชุ่ม หลังจากนั้นประมาณ 7 วัน เมล็ดเริ่มงอกมีใบจริง 4 ใบ ถอนแยกเหลือไว้แต่ต้นที่สมบูรณ์ประมาณ หลุมละ 2 ต้น

การปฏิบัติบำรุงรักษา

1. การให้น้ำ

<u>ระยะเวลา 1-7 วัน</u> ควรให้น้ำวันละ 1 ครั้ง เพื่อให้เมล็ดมีความชื้น ง่ายต่อการงอก

<u>ระยะการเจริญเติบโต</u> หลังจากการถอนแยกควรให้น้ำ 3 วัน / ครั้ง ระบบการให้น้ำ ควรใช้วิธีปล่อยน้ำเข้าท้องร่อง หรืออาจใช้การตักรดน้ำโดยตรง เช่น ใช้แครง เรือฉีดพ่นน้ำ

2. การใส่ปุ๋ยถั่วฝักยาว

ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารในการสร้างดอก ปุ๋ยเคมีที่ใช้สูตร 15-15-15 ใช้กับดินเหนียว หรือสูตร 13-13-21 ใช้กับดินทราย การให้ปุ๋ยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ

<u>ระยะแรก</u> ให้ปุ๋ยช่วงการเตรียมดินปลูก

<u>ระยะที่ 2</u> อายุ 15 วัน ให้พร้อมกับการพรวนดิน โรยปุ๋ยรอบ ๆ ห่างจากโคนต้นประมาณ 10 เซนติเมตร ในอัตรา 30 กรัม /หลุม กลบดิน รดน้ำถ้าหากผู้ปลูกใส่ปุ๋ยคอกลงไปด้วยจะทำให้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพดีขึ้น

<u>ระยะที่ 3</u> อายุ 55 วัน หลังการเก็บผลผลิตครั้งแรก ให้ปุ๋ยรอบโคนต้นประมาณ 60 กรัม / หลุม ต่อจากนั้นก็ให้ปุ๋ยทุก ๆ 10 วัน

3. การกำจัดวัชพืช ควรกระทำหลังจากเมล็ดงอกแล้วประมาณ 10-15 วัน หรือก่อนที่จะปักไม้ค้าง และในระยะที่ถั่วฝักยาวเริ่มออกดอก การกำจัดวัชพืชอาจกระทบกระเทือนส่งผลต่อการร่วงของดอกได้ ฉะนั้นผู้ปลูกควรระวังในการกำจัดวัชพืช

4. การทำค้าง ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่มีลำต้นเลื้อยต้องอาศัยค้างเกาะพยุงลำต้นให้เจริญเติบโต การทำค้างนิยมใช้ไม้ลวกหรือไม้ไผ่ให้มีความยาว 2.5-3 เมตร หลุมละ 1 ค้าง ให้ไม้ค้างเอียงเข้าหากลางร่องเป็นคู่ ๆ และมัดปลายไว้ด้วยกัน แล้วใช้ไม้ไผ่พาดยึดคานด้านบนแต่ละคู่เพื่อให้แข็งแรง หลังจากถั่วฝักยาวมีอายุได้ 15-20 วัน ให้จับถั่วฝักยาวพันเลื้อยขึ้นค้างในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา (วิเชษฐ ค้าสุวรรณ. 2551)

โรคสำคัญที่สร้างความเสียหายแก่ถั่วฝักยาว

โรคใบด่างหรือใบด่างเหลือง (mosaic or yellow mosaic)

เป็นโรคที่พบในบางแปลงบางพื้นที่ ซึ่งปรากฏอาการของโรคให้เห็น เมื่อปลูกถั่วฝักยาวไปได้สักระยะหนึ่ง เนื่องจากเป็นโรคที่สามารถถ่ายทอดทางเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นถ้านำเมล็ดพันธุ์ที่มีเชื้อติดอยู่ไปปลูกในพื้นที่ใด ก็จะเป็นการนำโรคสู่พื้นที่นั้น ๆ ได้

ลักษณะอาการ จะปรากฏชัดในระยะที่ถั่วฝักยาวโตเกือบเต็มที่แล้ว โดยใบจะด่างเป็นสีเขียวอ่อนสลับเขียวเข้มหรือเขียวสลับเหลืองกระจายทั่วทั้งใบ บางครั้งอาจพบอาการด่างลายตามเส้นใบ ต้นถั่วฝักยาวที่เป็นโรคมักไม่ให้ผลผลิต

สาเหตุเกิดจาก เชื้อไวรัส cowpea aphid – borne mosaic virus (CAMV)

การแพร่ระบาด โดยมีเชื้อไวรัสติดมากับเมล็ดพันธุ์ เมื่อนำไปปลูกในที่ต่าง ๆ ทำให้โรคระบาดไปในท้องถิ่นที่ไม่เคยพบโรคมาก่อนได้ เมื่อมีต้นเป็นโรคอยู่ในแปลงเพียง 1 – 2 ต้น โรคจะแพร่ระบาดไปทั่วแปลงอย่างรวดเร็วโดยการสัมผัสต้นเป็นโรค และโดยเพลี้ยอ่อนที่อยู่ในแปลงเป็นพาหะ

สภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการเกิดโรค ถ้าในแปลงมีเพลี้ยอ่อน ซึ่งเป็นพาหะของโรคอยู่มาก โรคจะแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว และเสียหายมาก

โรคใบจุด (leaf spot)

เป็นโรคที่มักพบในแปลงถั่วฝักยาวที่มีความชื้นสูง ปลูกแน่นเกินไป หรือขาดการดูแลที่ดี

ลักษณะอาการ อาการของโรคจะปรากฏที่ใบตอนล่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ผิวดินก่อน แล้วค่อย ลุกลามสู่ส่วนบน โดยจะเกิดจุดสีน้ำตาลปนแดงเล็ก ๆ ที่ใบเป็นจำนวนมาก ต่อมาแผลจะขยายออกเป็นปื้นสีน้ำตาลแดง เมื่ออากาศชื้นจัดจะพบเชื้อราสาเหตุโรค เจริญปกคลุมอยู่ในบริเวณแผลทางด้านท้องใบลักษณะเป็นปุยสีน้ำตาลเข้ม ใบที่เป็นโรคจะแห้งกรอบและร่วงในที่สุด ถ้า สภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อโรคจะแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว ต้นถั่วฝักยาวที่เป็นโรคจะทรุดโทรมและผลผลิตต่ำ

สาเหตุเกิดจาก เชื้อรา *Cercospora cruenta*

การแพร่ระบาด โดยลม น้ำฝนหรือน้ำที่ใช้รดต้นพืช เชื้อติดไปกับปีกและขาของแมลง และสิ่งที่มาสัมผัส

สภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการเกิดโรค ความชื้นในแปลงสูง เนื่องจากฝนตกชุก ให้น้ำมากเกินไป ให้น้ำตอนเย็นใกล้ค่ำ หรือปลูกถั่วฝักยาวแน่นเกินไป ทำให้แปลงทึบ การถ่ายเทอากาศไม่ดี ความชื้นในพุ่มใบสูง เป็นสภาพเหมาะต่อการเข้าทำลายพืช และการเกิดโรค

โรคราสนิม (rust)

เป็นโรคที่พบประปรายในแปลงปลูกถั่วฝักยาวทั่วไป แต่อาจเกิดการระบาดและสร้างความเสียหายอย่างมากได้ ถ้าพันธุ์ถั่วฝักยาวที่ปลูกอยู่เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคและสภาพแวดล้อมในช่วงนั้นเหมาะต่อการเกิดโรค

ลักษณะอาการ เกิดตุ่มนูนเล็ก ๆ สีสนิมบนใบ ก้านใบ และฝัก ภายในตุ่มนูนจะเต็มไปด้วยสปอร์ของเชื้อราเมื่อเจริญเต็มที่จะดันให้ผิวพืชปริออก เห็นกลุ่มสปอร์สีน้ำตาลแดง เมื่อเกิดตุ่มแผลที่ก้านใบมาก ๆ จะทำให้ใบร่วง ต้นทรุดโทรม ถ้าโรคระบาดรุนแรงในระยะที่ถั่วฝักยาวกำลังออก ฝักและเกิดตุ่มแผลที่ฝักเป็นจำนวนมาก จะทำให้ฝักไหม้ ฝักและเมล็ดในฝักจะเสียหายมาก

สาเหตุเกิดจาก เชื้อรา *Uromyces phaseoli* var. *vignae*

การแพร่ระบาด สปอร์ของเชื้อราแพร่กระจายไปทั่วแปลง โดยลม หยดน้ำฝนที่ตกกระทบ หรืออาจติดไปกับปีกและขาของแมลงเมื่อตกลงบนพืชที่อ่อนแอต่อโรค ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการติดเชื้อและเกิดตุ่มแผลใหม่ได้เป็นจำนวนมาก

สภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการเกิดโรค อุณหภูมิและความชื้นในแปลงสูง เป็นสภาพที่เหมาะต่อการเจริญเติบโต การสร้างสปอร์ และการเข้าทำลายพืช การเว้นระยะปลูกไม่เหมาะสม ปลูกถี่เกินไป

หรือปล่อยให้วัชพืชขึ้นรก จะทำให้ความชื้นในแปลงสูง เกิดโรคได้ดีเช่นกัน ดังนั้นจึงพบโรคระบาดมากในช่วงฤดูฝน ระยะที่ฝนตกชุก (ศศิธร วุฒิวณิชย์. 2549)

โรคโคนเน่าและรากเน่า (root rot)

อาการ โคนต้นระดับดินและรากเน่าเป็นสีน้ำตาล เถาถั่วเหี่ยวตาย รอบโคนต้นมีเส้นใยราสีขาวคล้ายเส้นด้าย และมีเม็ดราเป็นก้อนสีขาว สีน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลแก่ขึ้นปะปนแทรกอยู่ในดิน

สาเหตุเกิดจาก เชื้อรา *Sclerotium rolfsii*

โรคยอดหงิก

อาการ ยอดเหลืองด่าง และแตกยอดอ่อนเป็นกระจุก ต้นถั่วชะงักการเจริญเติบโตไม่ผลิดอกออกผลต่อไป

สาเหตุเกิดจาก เชื้อไวรัสชนิดหนึ่ง

โรคใบหยักเป็นคลื่น

อาการ ใบอ่อนที่ยอดโค้งงอ และเนื้อใบเป็นคลื่น ทำให้ยอดหงิกชะงักการเจริญเติบโต ใบแข็งกรอบกว่าปกติ ยอดแห้งและดอกร่วง

สาเหตุเกิดจาก ศัตรูจำพวกไรขาว และเพลี้ยไฟ

แมลงศัตรูพืชที่สำคัญ

เพลี้ยอ่อน

อาการ ใบ ดอก และลำต้น มีตัวอ่อนของเพลี้ยอ่อนเกาะติดอยู่เป็นกลุ่มสีเทาดำ ทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโต

สาเหตุเกิดจาก เพลี้ยอ่อนศัตรูจำพวกปากดูดชนิดหนึ่ง ซึ่งมีมดเป็นตัวนำพามา

หนอนเจาะต้นและฝักอ่อน

อาการ ตามเถาถั่วมีแผลบวมพอง และปริแตกออกเป็นสีน้ำตาล ทำให้ใบ กิ่ง แห้งตายและเถาถั่วไม่เจริญเติบโต ฝักถั่วมีรูเจาะทำให้ฝักงอและบิดเบี้ยว ถ้าฉีกเนื้อเยื่อบริเวณแผลจะพบหนอน

สาเหตุเกิดจาก ศัตรูจำพวกหนอน (อนงค์ จันทร์ศรีกุล. 2546)

2.3 การผสมพันธุ์ถั่วฝักยาว

ถั่วฝักยาวจัดอยู่ในกลุ่มพืชผสมตัวเอง จะผสมเสร็จก่อนที่ดอกจะบาน แต่ก็มีโอกาสที่จะเกิดการผสมข้ามได้ 6 เปอร์เซ็นต์ (ปราโมทย์ พรสุริยา. 2537) ส่วนมากสาเหตุเกิดจากแมลงเป็นส่วนใหญ่

การปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการผสมพันธุ์ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัด โดยมีขั้นตอนดังนี้ (รัตนา สันทัดพานิช. 2530)

1. การกำจัดเกสรตัวผู้ (emasculation)

เมื่อต้นถั่วฝักยาวออกดอกจะทำการผสมข้ามพันธุ์ โดยจะทำการกำจัดเกสรตัวผู้ในช่วงเวลา 15.00 – 19.00 น. โดยเลือกดอกขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร ซึ่งจะเป็นดอกตูมที่แก่เต็มที่พร้อมที่จะบานในวันรุ่งขึ้น ใช้ปากคีบปลายแหลมซึ่งฆ่าเชื้อแล้วด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 70 % แล้วค่อยๆกรีดกลีบดอกตรงส่วนที่เรียกว่า standard ออก แยกส่วน standard และ wing ออกทั้งสองด้าน แต่ต้องไม่ทำลายทั้ง standard และ wing จะเห็น keel จากนั้นใช้ปากคีบกรีดและแยก keel ออก จะพบเกสรตัวผู้ทั้ง 10 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน ใช้ปากคีบดึงอับละอองเกสรตัวผู้ออกให้หมดแล้วจึงหุ้มส่วนกลีบดอกไว้ตามเดิม ลักษณะที่ได้จะคล้ายดอกปกติ ใน 1 ช่อ จะใช้ดอกเพียง 1-2 ดอก เท่านั้น แล้วใช้ถุงกระดาษคลุมดอกที่ทำการดึงอับละอองเกสรตัวผู้ออกแล้ว เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเกสรตัวผู้อื่นๆ ที่อาจเกิดก่อนการถ่ายละอองเกสรตัวผู้

2. การถ่ายละอองเกสรตัวผู้ (pollination)

การถ่ายละอองเกสรตัวผู้จะทำในตอนเช้าวันรุ่งขึ้นจากวันที่ทำการดึงอับละอองเกสรตัวผู้ออกในระหว่างเวลา 6.00 – 8.00 น. โดยเด็ดดอกที่บานแล้วจากต้นพ่อ ดึงกลีบดอกออกทุกชั้นเหลือเฉพาะเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ซึ่งมีละอองเกสรตัวผู้ติดอยู่เต็ม นำมาป้ายบนส่วน stigma ของดอกที่ได้ดึงเกสรตัวผู้ออกแล้วในต้นแม่ พยายามให้ละอองเกสรตัวผู้ติดให้มากที่สุด หลังการถ่ายละอองเกสรแล้วให้ติดป้ายเขียนบอกคู่ผสมไว้แล้วใช้ถุงกระดาษคลุมดอก

การใช้เกสรตัวผู้จากดอกที่บานในวันที่ผสมในต้นพ่อนั้นจะสิ้นเปลืองดอกมาก เนื่องจาก 1 ดอก จะผสมได้เพียง 2-3 ดอก เท่านั้น ในกรณีที่ดอกในต้นพ่อมีน้อย แต่ดอกในต้นแม่ที่ถูกกำจัดเกสรตัวผู้ออกแล้วมีมาก เกสรตัวผู้ที่จะนำมาผสมในวันรุ่งขึ้นก็จะไม่พอดังนั้นจึงใช้วิธีการเก็บเกสรตัวผู้โดยเด็ดดอกตูมที่พร้อมจะบานในวันรุ่งขึ้นมาดึงเอาแต่อับละอองเกสรตัวผู้ไว้ ทำวิธีเดียวกับการกำจัดเกสรตัวผู้ ต่างกันที่ว่าจะไม่ทิ้งอับละอองเกสรตัวผู้นั้นไป แต่จะเก็บใส่ขวดเล็กๆแล้วเอาฝาปิด พอกลางคืนจะเปิดฝาแล้วใช้สำลีปิดปากขวดแทน แล้วเอาไปอังโคมไฟอ่อนๆ เพื่อให้อับละอองเกสร

ตัวผู้แห้งแล้วปล่อยเกสรตัวผู้ออกมา ตั้งทิ้งไว้สัก 1 ชั่วโมง ก็จะเห็นละอองเกสรตัวผู้ฟูเต็มอับละอองเกสร เมื่อจะทำการผสมดอกก็จะใช้พู่กันแตะเอาเกสรในขวดเกสรตัวผู้จะติดที่ปลายพู่กันขึ้นมาในปริมาณที่มาก แล้วเอาไปป้ายบนส่วน stigma ให้ทั่ว ติดป้ายบอกคู่ผสม คลุมกระดาษ เสร็จวิธีทำ หลังการผสม 1 วัน ให้ถอดถุงกระดาษคลุมออก ถ้าผสมไม่ติดดอกจะร่วงไป แต่ถ้าผสมติดจะเห็นฝักอ่อนสีเขียวเกิดขึ้น (รัตนา สันทัดพานิช. 2530)

ฐะปะณี จันทรเจิด (2527) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างๆกัน ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับ การหาช่วงวันที่เหมาะสมในการให้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวที่สูงจากการเก็บเกี่ยวที่อายุ 12, 14, 16, 18 หลังดอกบานในการนำไปใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ต่อไป สรุปได้ว่า ที่อายุการเก็บเกี่ยว 16 วัน หลังดอกบานให้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สูงกว่าที่อายุต่างๆ

ลักษณะฝักสดของถั่วฝักยาวเพื่อเป็นการค้านั้น จะทำการเก็บเมื่อเมล็ดในฝักมีการพัฒนาไปแล้วบางส่วน แต่ยังไม่พอง ฝักอวบ เรียวเป็นเส้นตรง และยาวพอสมควร ฝักมีสีสม่ำเสมอ ตลอดฝัก ผิวเรียบไม่ขรุขระหรือย่น ปลายฝักไม่ลีบและฝักไม่ถูกหนอนเจาะ (รัชนี ธรรมมงคล. 2524) คุณภาพที่ดีนั้นควรเก็บเมื่ออายุ 6 – 8 วันหลังดอกบาน ซึ่งจะมีขนาดและน้ำหนักดี ปริมาณโปรตีน วิตามินซีและน้ำตาลอยู่ในระดับที่สูง ปริมาณเส้นใยรวมน้อย เนื้อแน่น (อรนุช เพิ่มสัตย์. 2521)

2.4 การถ่ายทอดลักษณะต่อการแสดงออกของพืช

กฤษฎา สัมพันธารักษ์ (2519) ได้แบ่งการถ่ายทอดลักษณะแต่ละลักษณะ จากพ่อแม่ไปสู่ลูกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพ (qualitative inheritance) คือ ลักษณะที่ควบคุมด้วยหน่วยควบคุมหรือยีนเพียง 1 คู่ (single gene) หรือยีนน้อยคู่ ยีนแต่ละคู่มีความสามารถที่จะแสดงลักษณะที่ควบคุมอยู่ออกมาได้อย่างเด่นชัด (major gene) ลักษณะการกระจายตัวของรุ่นลูกสามารถที่จะแยกออกได้เป็นกลุ่มชัดเจน คือ มีการกระจายตัวอย่างเป็นกลุ่มหรือไม่ต่อเนื่อง (discontinuous variation) สภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ได้น้อย

2. การถ่ายทอดลักษณะทางปริมาณ (quantitative inheritance) คือลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนหลายคู่แต่ละคู่มีผลต่อการแสดงออกต่อลักษณะนั้นได้น้อย (minor gene) ลักษณะการกระจายตัวของรุ่นลูกเป็นแบบต่อเนื่อง (continuous variation) ไม่สามารถจะแบ่งกลุ่มได้อย่างชัดเจนและสภาพ แวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้มาก

การทำงานหรือการแสดงออกของยีน แบ่งเป็น

1. การทำงานร่วมกันของยีนในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งมีปฏิกิริยาของยีนดังนี้ คือ

1.1 แบบผลบวก (additive gene action) คือ ลักษณะที่แสดงออกจะขึ้นอยู่กับจำนวนยีนที่ช่วยเสริมลักษณะนั้นๆ และยีนเด่นแต่ละตัวจะเพิ่มหรือลดค่าได้เท่าๆกัน ไม่ว่าจะอยู่ในรูปเฮตเทอโรไซโกต (heterozygote) หรือโฮโมไซโกต (homozygote)

1.2 แบบข่ม (dominant gene action) คือ ยีนตัวหนึ่งไปข่มการแสดงออกของยีนอีกตัวหนึ่ง อาจเป็นการข่มสมบูรณ์ ไม่สมบูรณ์ หรือข่มเกินก็ได้โดยที่

1.2.1 การข่มสมบูรณ์ (complete dominance) หมายถึง ปฏิกิริยาของยีนตัวหนึ่งไปข่มการแสดงออกของยีนอีกตัวหนึ่งบนตำแหน่งเดียวกันอย่างสมบูรณ์

1.2.2 การข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance) หมายถึง ปฏิกิริยาของยีนตัวหนึ่งไปข่มการแสดงออกของยีนอีกตัวหนึ่งบนตำแหน่งเดียวกันอย่างไม่สมบูรณ์

1.2.3 การข่มเกิน (over dominance) เป็นปฏิกิริยาการทำงานร่วมกันของยีนภาย- ในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ลักษณะของเฮตเทอโรไซโกต แสดงออกได้มากกว่าโฮโมไซโกต

2. การทำงานร่วมกันของยีนต่างตำแหน่ง ซึ่งมีปฏิกิริยาการทำงานของยีน ดังนี้

2.1 แบบผลบวก เป็นผลบวกระหว่างยีนคนละตำแหน่งที่ควบคุมลักษณะเดียวกันยีนหลาย ๆ คู่ที่ควบคุมลักษณะเดียวกัน ในแบบผลบวก เรียกว่า multiple factors ยีนแต่ละคู่จะทำงานเป็นอิสระ การแสดงออกของยีนตัวหนึ่งไม่ขึ้นอยู่กับว่ามียีนตัวอื่นๆอยู่หรือไม่

2.2 แบบข่ม เกิดขึ้นกับลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนหลายคู่ พืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาในระหว่างกลุ่มของยีนที่แสดงลักษณะนั้นๆ และสภาพแวดล้อมกลุ่มของยีนย่อยที่ควบคุมลักษณะเหล่านี้คือ poly gene สภาพแวดล้อมมีผลอย่างมากต่อการแสดงออกของยีน นอกจากนี้ยีนบางพวกที่แสดงลักษณะข่มการแสดงออกของยีนบนตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งการแสดงออกของยีนอื่นๆ ทั้งในทางที่ดีหรือเลวลง จะเรียกว่า ยีนประยุกต์ (modifying gene) มักเป็นกลุ่มของยีนย่อย

ข้อสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์พืช คือ นักปรับปรุงพันธุ์จะต้องคำนึงอยู่เสมอว่า ยีนแต่ละตัวเมื่อไปอยู่ในพื้นฐานทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน อาจแสดงออกมาได้ไม่เหมือนกัน การถ่ายทอดลักษณะใดลักษณะหนึ่งไปหาสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันอาจมีความจำเป็น เพื่อหวังผลที่ดีที่สุดที่ควรจะได้รับ (กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2546)

สิริกุล วะสี (2524) ได้ทำการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะของมะละกอ ซึ่งจากการศึกษามะละกอ พันธุ์ Line solo และพันธุ์โกโก้ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 โดย

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของชั่วพบว่า น้ำหนักผล รูปร่างผล ความหนาเนื้อ และปริมาณของแข็งทั้งหมดมีลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนที่ทำงานแบบผลบวกเป็นส่วนใหญ่

จรัสศรี นวลศรี (2527) ได้ทำการทดลองในลักษณะเดียวกัน โดยทำการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมะเขือจาน จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของชั่ว พ่อแม่ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 ปรากฏว่า การทำงานของยีนแบบผลบวก มีความสำคัญต่อทุกลักษณะ คือ ความสูง ลักษณะผล วันออกดอก น้ำหนักผล และจำนวนผลต่อต้น ยกเว้น ผลผลิตต่อต้น มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งแบบข่มกับแบบไม่ข่ม

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และ เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ (2529) กล่าวถึง การปรับปรุงพันธุ์พืช คือ การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆของพืช เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่ดีกว่าพันธุ์เดิม เช่น ให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ลำต้นแข็งแรง ต้านทานโรค

กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์ (2530) ได้รายงานการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของชั่ว (generation mean analysis) ในฝ้าย คือ พ่อแม่ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 ในการศึกษาปฏิกิริยาของยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ปรากฏว่าการทำงานของยีนแบบผลบวก หรือปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งแบบผลบวก × ผลบวก มีความสำคัญในลักษณะขนาดสมอ เปอร์เซ็นต์ปุย และคุณภาพเส้นใยมากที่สุด ส่วนลักษณะผลผลิตทั้งเมล็ดต่อต้น จำนวนสมอต่อต้น และความสูง จะมีการทำงานของยีนแบบไม่เป็นผลบวก ซึ่งทั้งแบบข่มและยีนต่างตำแหน่ง

ดนัย ศุภาหาร (2530) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การศึกษาปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในบางลักษณะของถั่วพุ่ม จำนวน 27 พันธุ์ ที่นำมาจากต่างประเทศ สรุปผลได้ว่า สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีความแตกต่างกันมาก ปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกในทุกลักษณะที่ศึกษา ความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมมีค่าสูงมากในทุกลักษณะ ยกเว้นความยาวฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ความเสถียรภาพของพันธุ์ในลักษณะต่างๆ พบว่าพันธุ์ TVX 4677-88E เป็นพันธุ์ที่เสถียรภาพดีที่สุดในลักษณะผลผลิต และจำนวนฝักต่อต้น

อนุสรา แสนสุทธิ์ (2544) ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมะเขือเทศ พบว่า การทำงานของยีนแบบผลบวกและแบบข่มมีอิทธิพลต่อการควบคุมลักษณะขนาดผลและน้ำหนักสดต่อผล ขณะที่การทำงานของยีนแบบข่มมีอิทธิพลต่อการควบคุมลักษณะจำนวนผลต่อต้นและผลผลิตต่อต้น

วราภรณ์ ทองพันธ์ (2545) ได้ศึกษาการกระจายตัวของลักษณะทางการเกษตรบางลักษณะของถั่วเหลืองลูกผสมชั่วที่ 2 พบว่า ลักษณะอายุการออกดอก และจำนวนฝักต่อต้น ถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ และมีลักษณะการข่มเป็นแบบ partial dominance

อรวินทินี ชูศรี (2546) ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมะเขือเทศ 5 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะน้ำหนักต่อผล มีการแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive gene action) ส่วนผลผลิตต่อต้นมีการแสดงออกของยีนแบบข่ม (dominance gene action) ในทุกคู่ผสม นอกจากนั้นยังพบว่าลูกผสมแต่ละคู่มีการแสดงออกของยีนแบบข่มข้ามคู่ (epistasis) แตกต่างกันในแต่ละลักษณะ

ชานนท์ ลาภจิตร (2549) ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วฝักยาว 6 สายพันธุ์ พบว่า มีการแสดงออกของยีนแบบ additive effects ในลักษณะความยาวฝัก ส่วนการแสดงออกของยีนแบบ dominance effects มีการแสดงออกของยีนที่เหมือนกันในลักษณะคือ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก

Krarup and Davis (1970) ศึกษาถั่วลันเตา พบว่า จำนวนฝักต่อต้นเป็นการทำงานของยีนแบบผลบวก มีความสัมพันธ์กับผลผลิตของเมล็ด ลูกผสมชั่วที่ 1 มีเฮตเทอโรซีสเพียง 31.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ทั้งนี้เนื่องจากมีอิทธิพลของยีนต่างตำแหน่ง ลูกผสมชั่วที่ 2 มีค่าอัตราพันธุกรรม 41 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีอิทธิพลเนื่องจากต้นแม่ แต่การศึกษาของ Koranne and Singh (1974) พบว่า ในถั่วลันเตามีการทำงานของยีนเป็นแบบข่ม มีเฮตเทอโรซีส ในลูกผสมชั่วที่ 1 มีค่าอัตราพันธุกรรม 64.59 เปอร์เซ็นต์ โดยมียีนเด่นกระจายมากกว่ายีนด้อย

Mak and Yap (1980) ได้ทำการศึกษาในถั่วฝักยาว 7 พันธุ์ ที่เป็นพันธุ์พื้นเมือง 3 พันธุ์ ในประเทศมาเลเซีย ที่เหลือเป็นพันธุ์ต่างประเทศที่ทำการผสมแบบพบกันหมดพบว่า การแสดงออกของยีนแบบ additive effects มีอิทธิพลต่อการควบคุมลักษณะน้ำหนักเมล็ดและความยาวฝัก ส่วนการแสดงออกของยีนแบบ dominance effects มีอิทธิพลในการควบคุมลักษณะ ปริมาณโปรตีน จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก

Drabo *et al.* (1985) ได้ทำการศึกษาในถั่วพุ่ม พบว่า มีการแสดงออกของยีนแบบ additive effects มีอิทธิพลในการควบคุมลักษณะขนาดเมล็ด การแสดงออกของยีนแบบ additive effects และ dominance effects มีอิทธิพลในการควบคุมลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก นอกจากนั้นยังพบว่ามีการแสดงออกของยีนแบบ epistasis ร่วมด้วย

Khattak *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาในลูกผสมถั่วเขียว โดยทำการทดสอบ 2 ฤดูกาลพบว่า การแสดงออกของยีนแบบ additive effects และ dominance effects มีอิทธิพลควบคุมการแสดงออกของยีนในลักษณะผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และน้ำหนัก 1000 เมล็ด ส่วนการแสดงออกของยีนแบบ epistasis มีอิทธิพลในการควบคุมการแสดงออกของยีนในลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ทั้ง 2 ฤดูกาล โดยมีการแสดงออกของยีนแบบ additive × additive effects, additive × dominance effects และ dominance × dominance effects

Rohman *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาในถั่วเขียว พบว่า การแสดงออกของยีนแบบ additive effects มีอิทธิพลต่อวันออกดอก

2.5 อัตราพันธุกรรมหรือความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ (heritability)

อัตราพันธุกรรมของความแปรปรวนซึ่งเป็นส่วนที่สืบเนื่องมาจากยีน อัตราพันธุกรรมเป็นตัวบ่งให้เห็นว่าลักษณะต่างๆ เกิดจากยีนและสภาพแวดล้อม และยังเป็นตัวบ่งว่าลักษณะที่ปรากฏนั้นสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานในอัตราส่วนเท่าใด คือ มีลูกหลานกี่เปอร์เซ็นต์ที่มีลักษณะเหมือนพ่อแม่ ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ ก็แสดงว่ายีนมีอิทธิพลต่อลักษณะนั้นน้อยมาก และความแปรปรวนที่สังเกตได้จะเนื่องจากสภาพแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2525)

วิทยา บัวเจริญ (2527) ได้กล่าวว่า การคัดเลือกพืชจะได้ผลดีถ้าหากความแตกต่างของพืชส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างทางด้านพันธุกรรม และส่วนน้อยเนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากความแตกต่างของพืชในกลุ่มส่วนใหญ่มีผลเนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และส่วนน้อยเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม การคัดเลือกจะไม่ได้ผล

heritability หมายถึง อัตราส่วนระหว่าง genotypic variance (Q_G^2) กับ phenotypic variance (Q_P^2)

$$H = \frac{Q_G^2}{Q_p^2}$$

ค่า Q_G^2 เป็นค่า variance ซึ่งเกิดจาก gene action ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ additive กับ non-additive

ค่า Q_P^2 เป็นค่า variance ที่ประกอบด้วยค่า variance เนื่องจาก genotype (Q_G^2) และค่า variance เนื่องจาก environment (Q_E^2)

การประมาณค่า heritability โดยวิธี analysis of variance

การวิเคราะห์ analysis of variance สามารถทำได้หลายวิธีโดยแต่ละวิธีจะมีการวิเคราะห์ต่างๆ กัน การเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับลักษณะของ gene action และสภาพแวดล้อมในขณะทำการทดลอง

1. การประมาณค่า heritability (H) จากค่า variance ของพ่อ (V_{P1}) แม่(V_{P2}) ลูกผสมชั่วที่ 1(V_{F1}) และ2(V_{F2}) ซึ่งจากการศึกษาเกี่ยวกับพันธุกรรมปริมาณ เป็นที่ทราบกันแล้วว่าความแตกต่างในระหว่างหมู่ของต้นพ่อ แม่ และลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ได้จากการผสมระหว่าง homozygous parents จะมีผล

เนื่องมาจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม สำหรับความแตกต่างในระหว่างหมู่ของลูกผสมชั่วที่ 2 จะมีผลเนื่องมาจากความแตกต่างในด้านพันธุกรรมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

2. การประมาณค่า H โดยวิธีของ Mahmud and Kramer (1951) ได้ประมาณค่า H ของผลผลิต ความสูง และอายุเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง โดยใช้ค่า variance จากพ่อ แม่ และลูกผสมชั่วที่ 2 การวางแผนจะใช้แผนการทดลองแบบไหนก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะต่าง ๆ ที่จะมีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องกับการทดลอง

3. การประมาณค่า H โดยวิธีของ Warner Method (1952) ได้ประมาณค่า H ของพืชจากค่า variance ของ ลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2), ลูกผสมกลับแม่ (Bc_1) และลูกผสมกลับพ่อ (Bc_2) สำหรับแผนการทดลองตลอดจนวิธีการต่าง ๆ เหมือนกันกับวิธีของ Mahmud and Kramer สำหรับการประมาณค่า H โดยวิธีนี้สามารถแยก effects ของ additive กับ dominance ออกจากกันได้ (วิทยา บัวเจริญ. 2527)

สมจินตนา นิลพันธุ์ (2529) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะต่างๆของถั่วเหลือง พบว่า ความสูงตอนเก็บเกี่ยว อายุการออกดอก และน้ำหนัก 200 เมล็ด มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง จำนวนเมล็ดต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนกิ่ง อายุการเก็บเกี่ยว มีอัตราพันธุกรรมปานกลาง และผลผลิตต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก มีอัตราพันธุกรรมต่ำ

รัตนา สันทัดพานิช (2530) ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะในถั่วฝักยาว พบว่าอัตราพันธุกรรมมีค่าค่อนข้างสูงในลักษณะน้ำหนักฝักสดและความยาวฝักสด สำหรับวันออกดอก จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น ค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว 5 ชั่วรุ่น ได้แก่

- พันธุ์ชั่วพ่อแม่ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. และพันธุ์เมล็ดแดง มก.

- สายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 จากการผสมของพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก.

- สายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 2 จากการผสมตัวเองของสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของทั้ง 5 คู่ผสม คือ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก.

- สายพันธุ์ลูกผสมกลับแม่ จากการนำลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมกับพันธุ์แม่ ของทั้ง 5 คู่ผสม

- สายพันธุ์ลูกผสมกลับพ่อ จากการนำลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมกับพันธุ์พ่อ ของทั้ง 5 คู่ผสม

2. สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช

3. ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

4. เครื่องมือสำหรับปลูกและดูแลรักษาถั่วฝักยาว ได้แก่ จอบ บัวรดน้ำ เครื่องพ่นยา ไม้หลักเชือกฟาง มีด ตลับเมตร กิโลชั่งน้ำหนัก

5. อุปกรณ์สำหรับผสมเกสร ได้แก่ forcep ป้ายบอกคู่ผสม สำลี

6 .อุปกรณ์สำหรับจดบันทึก ได้แก่ สมุด ปากกา ดินสอ ยางลบ ไม้บรรทัด

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

ปลูกถั่วฝักยาวที่แปลงทดลองหลักสูตรพืชสวน สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองระหว่างเดือน ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

3.4 วิธีดำเนินการทดลอง

3.4.1 ทำการทดลองในแปลงของหลักสูตรพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้ง 3 ฤดูปลูก โดยฤดูปลูกที่ 1 นำเมล็ดพันธุ์พ่อและแม่ 3 สายพันธุ์ ปลูกพันธุ์ละ 10 ต้น ให้พันธุ์ที่ผสมกันอยู่ในแถวติดกัน

3.4.2 การเตรียมแปลงปลูก โดยทำการไถพรวนดิน ยกร่อง โดยให้แต่ละร่องห่างกัน 1 เมตร ใส่ปุ๋ยคอกในอัตราส่วน 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยสูตร 16-16-16 ในอัตราส่วน 50 กิโลกรัมต่อไร่ ผสมคลุกเคล้าเข้ากับดินขณะเตรียมแปลง

3.4.3 การปลูกและการปฏิบัติบำรุงดูแลรักษา ทำการหยอดเมล็ดลงในแปลงปลูก หลุมละ 3-5 เมล็ด โดยให้แต่ละหลุมห่างกันประมาณ 1 เมตร ระยะระหว่างแถวห่างกัน 1 เมตร กลบเมล็ด และรดน้ำให้ชุ่ม เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 7 วัน ทำการถอนแยกเอาต้นกล้าที่อ่อนแอออกให้เหลือหลุมละ1 ต้น ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) หลุมละประมาณ 5 กรัม สำหรับต้นถั่วฝักยาวเลื้อยเริ่มทำค้างเมื่ออายุประมาณ 15-20 วัน โดยทำค้างแบบปักตั้งฉาก 90 องศา กับพื้นดินให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ กำจัดวัชพืชและศัตรูพืชตามความเหมาะสม

3.4.4 การคัดเลือก คัดเลือกฝักที่สมบูรณ์ไว้ เมื่อฝักแห้งแล้วให้ทำการเก็บเมล็ดจะได้ลูกผสมชั่วที่ 1

3.4.5 ฤดูปลูกที่ 2 นำเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 ปลูกพร้อมกับพันธุ์พ่อแม่ โดยปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 เป็นแถวแทรกระหว่างพันธุ์พ่อแม่ของตัวเอง เพื่อสะดวกในการทำงานด้านการผสม และเมื่อต้นถั่วฝักยาวออกดอกจะทำการผสมตัวเองในต้นลูกผสมชั่วที่ 1 โดยใช้ถุงกระดาษช่วยคลุมจะได้ลูกผสม

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชั่วที่ 2 และพร้อมกับทำการผสมกลับไปยังต้นแม่และต้นพ่อ โดยใช้ละอองเกสรจากลูกผสมชั่วที่ 1 และจะได้ลูกผสมกลับแม่และลูกผสมกลับพ่อ

3.4.6 ฤดูปลูกที่ 3 นำเมล็ดพันธุ์ P_1 P_2 F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 ของทุกคู่ผสม ไปแยกปลูก แบ่งออกได้เป็น 6 คู่ผสม แต่ละคู่ผสมประกอบด้วยประชากร ดังนี้

พันธุ์แม่ (P_1)	ปลูก 20 ต้น
พันธุ์พ่อ (P_2)	ปลูก 20 ต้น
ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1)	ปลูก 40 ต้น
ลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2)	ปลูก 80 ต้น
ลูกผสมกลับแม่ (Bc_1)	ปลูก 60 ต้น
ลูกผสมกลับพ่อ (Bc_2)	ปลูก 60 ต้น

ดังนั้นการทดลองจะได้จำนวนต้นที่เก็บข้อมูลทั้งสิ้น 280 ต้น โดยทำการปลูกแบบสุ่มตลอด และใช้ระยะปลูก 75 × 75 ตารางเซนติเมตร ปักค้างเดียว เก็บข้อมูลแยกต้น

5.3 การบันทึกข้อมูล

3.5.1 การเก็บข้อมูลในแปลง

1. วันออกดอก นับตั้งแต่วันงอกถึงวันดอกแรกบาน (วัน)
2. น้ำหนักฝักสด (กรัม) เก็บฝักสดขนาดกำลังทาน หลังดอกบาน 8 – 10 วัน
3. จำนวนฝักสดต่อต้น เก็บภายในระยะเวลา 30 วันหลังจากเก็บฝักแรกของต้น
4. ความยาวฝักสด (เซนติเมตร) สุ่มวัด 20 ฝักต่อต้น
5. ผลผลิตสดต่อต้น (กิโลกรัม) เก็บฝักสดชั่งทุกวันภายในระยะเวลา 30 วัน หลังจากเก็บฝักแรกของต้น

115499

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตของน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

การหาค่าเฉลี่ย (mean: $\overline{X}$) คำนวณจากสูตร

$$\overline{X} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n)}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ศึกษา

$X_1\, X_2\, X_3 \ldots X_n$ คือ ค่าของข้อมูลที่ศึกษาแต่ละค่า

N คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

ความแปรปรวน (variance: V) คือ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลนั้นยกกำลังสอง เป็นค่าที่บ่งบอกถึงค่าของข้อมูลนั้นมีการกระจายตัวออกจากค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงไร คำนวณจากสูตร

$$V = \frac{\Sigma(X_i - \overline{X})^2}{N - 1}$$

เมื่อ V คือ ความแปรปรวนหรือการกระจายตัวของข้อมูลนั้นๆ

X_i คือ ค่าของข้อมูลที่ศึกษาแต่ละค่า ($X_1\, X_2\, X_3 \ldots X_n$)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) คือ รากที่สองของความแปรปรวน เป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูล 2 กลุ่มที่มีความแปรปรวนเท่ากัน ซึ่งวัดโดยลักษณะปริมาณเดียวกัน คำนวณจากสูตร

$$SD = \sqrt{\frac{\Sigma X_i^2 - (\Sigma X_i)^2 / N}{N-1}}$$

$$= \sqrt{V}$$

3.5.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการทำงานของยีน ชั่ว P_1 P_2 F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 โดยทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของชั่ว (generation mean analysis) เพื่อหาอิทธิพลแบบต่างๆของยีนตามวิธีของ Hayman (1958) ดังนี้

$$m = 1/2P_1 + 1/2P_2 + 4F_2 - 2Bc_1 - 2Bc_2$$

$$d = 1/2P_1 - 1/2P_2$$

$$h = -3/2P_1 - 3/2P_2 - F_1 - 8F_2 + 6Bc_1 + 6Bc_2$$

$$i = -4F_2 + 2Bc_1 + 2Bc_2$$

$$j = -P_1 + P_2 + 2Bc_1 - 2Bc_2$$

$$l = P_1 + P_2 + 2F_1 + 4F_2 - 4Bc_1 - 4Bc_2$$

เมื่อ m คือ ค่ากึ่งกลางระหว่าง homozygous recessive กับ homozygous dominance

d คือ อิทธิพลของยีนแบบผลบวก (additive gene effects)

h คือ อิทธิพลของยีนแบบข่ม (dominance gene effects)

i คือ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก (additive × additive gene effects)

j คือ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่ม (additive × dominance gene effects)

l คือ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่ม (dominance × dominance gene effects)

P_1 P_2 F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 คือ ค่าเฉลี่ยของชั่วแม่ พ่อ ลูกผสมชั่วที่ 1 2 และลูกผสมกลับไปยังแม่และพ่อ

การทดสอบนัยสำคัญของอิทธิพลของยีนที่ได้ ใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของค่าประเมินนั้นๆว่าแตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยการตรวจสอบค่า t คือ

$$t = \frac{X}{S_X}$$

เมื่อ x คือ ปฏิกิริยาของยีนแบบต่างๆ

S_x คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าประเมินของปฏิกิริยา

3.5.2.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาอัตราพันธุกรรมหรือความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (heritability: H) จากค่า analysis of variance โดยใช้ค่า variance ของ P_1 P_2 และF_2 ตามวิธีของ Mahmud and Kramer (1951)

$$H = \frac{V_{F_2} - \sqrt{(V_{P_1})(V_{P_2})}}{V_{F_2}}$$

เมื่อ V_{F2} V_{P1} และV_{P2} คือ ค่า variance ของ F_2 P_1 และP_2 ตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตของน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตในถั่วฝักยาว 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. และพันธุ์เมล็ดแดง มก. โดยทำการผสมเดี่ยวแบบพบกันหมดได้ 5 คู่ผสม คือ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และ พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ใน 3 ชั่วรุ่น พบว่า รุ่นลูกผสมชั่วที่ 1 ในทุกลักษณะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ารุ่นพ่อ – แม่ในทุกคู่ผสม ส่วนรุ่นลูกผสมชั่วที่ 2 พบว่า ในลักษณะของน้ำหนักฝักสดและผลผลิตสดต่อต้น ในคู่ผสมของ เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1 และคู่ผสมของเมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากว่ารุ่นพ่อ – แม่ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตที่สำคัญในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น

ชั่วรุ่น	พันธุ์ - สายพันธุ์	ค่าเฉลี่ย		
		น้ำหนักฝักสด (กรัม)	จำนวนฝักสดต่อต้น (ฝัก)	ผลผลิตสดต่อต้น (กิโลกรัม)
P	เมล็ดแดง มก.	13.55	41.20	0.544
	นิลมังกร เบอร์ 1	16.28	51.40	0.813
	เมล็ดแดงด่างขาว มก.	17.25	45.40	0.775
F_1	เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	16.18	51.65	0.818
	เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	17.10	51.25	0.872
	เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	18.46	49.00	0.901
	เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	17.84	51.55	0.915
	นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	17.40	51.73	0.888
F_2	เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	17.63	39.70	0.698
	เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	15.09	40.46	0.605
	เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	18.05	39.85	0.717
	เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	15.79	40.75	0.631
	นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	15.45	40.35	0.619

จากการศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตในถั่วฝักยาว 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. และพันธุ์เมล็ดแดง มก. โดยทำการผสมเดี่ยวแบบพบกันหมดได้ 5 คู่ผสม คือ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. พบว่า รุ่นลูกผสมชั่วที่ 1 ในลักษณะของจำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น มีการกระจายตัวน้อยกว่ารุ่นพ่อ – แม่ในทุกคู่ผสม ส่วนลักษณะของน้ำหนักฝักสดในรุ่นลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่า ใน 4 คู่ผสมที่มีการกระจายตัวน้อยกว่ารุ่นพ่อ – แม่ คือ ในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. และเมล็ดแดงด่างขาว มก.× นิลมังกร เบอร์ 1 (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 แสดงความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตที่สำคัญในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น

ชั่วรุ่น	พันธุ์ - สายพันธุ์	ความแปรปรวน		
		น้ำหนักฝักสด	จำนวนฝักสดต่อต้น	ผลผลิตสดต่อต้น
P	เมล็ดแดง มก.	4.57 ± 2.14 SD/	17.20 ± 4.14 SD/	0.021 ± 0.14 SD/
	นิลมังกร เบอร์ 1	4.07 ± 2.01	20.90 ± 4.57	0.024 ± 0.15
	เมล็ดแดงด่างขาว มก.	4.27 ± 2.06	18.16 ± 4.26	0.023 ± 0.15
F_1	เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	3.52 ± 1.87	12.66 ± 3.56	0.010 ± 0.10
	เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	3.80 ± 1.94	10.96 ± 3.31	0.011 ± 0.10
	เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	3.75 ± 1.93	9.28 ± 3.04	0.008 ± 0.08
	เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	3.90 ± 1.97	12.25 ± 3.50	0.013 ± 0.11
	นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	4.21 ± 2.05	15.25 ± 3.90	0.009 ± 0.09
F_2	เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	6.80 ± 2.60	61.85 ± 7.86	0.064 ± 0.25
	เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	6.35 ± 2.51	63.59 ± 7.97	0.045 ± 0.21
	เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	5.84 ± 2.41	52.40 ± 7.24	0.068 ± 0.26
	เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	9.32 ± 3.05	51.92 ± 7.21	0.054 ± 0.23
	นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	7.94 ± 2.81	49.53 ± 7.04	0.035 ± 0.19

SD/ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

สำหรับรุ่นลูกผสมชั่วที่ 2 พบว่า มีการกระจายตัวมากกว่ารุ่นพ่อ – แม่และรุ่นลูกผสมชั่วที่ 1 ในทุกคู่ผสม ในลักษณะผลผลิต พบว่า จำนวนฝักสดต่อต้น มีค่าความแปรปรวนมากที่สุด คือ อยู่ในช่วง 49.53 – 63.59 (52.40, 63.59, 61.85, 51.92 และ49.53 ตามลำดับ) รองลงมา คือ น้ำหนักฝักสด มีค่าความแปรปรวนอยู่ในช่วง 5.84 – 9.32 (5.84, 6.35, 6.80, 9.32 และ7.94 ตามลำดับ) ส่วนผลผลิตสดต่อต้น พบว่า มีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุด คือ อยู่ในช่วง 0.035 – 0.068 (0.068, 0.045, 0.064, 0.054 และ 0.035 ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.2)

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาการทำงานของยีน ชั่ว P_1 P_2 F_1 F_2 Bc_1 และBc_2

จากการศึกษาปฏิกิริยาการทำงานของยีนของวันออกดอก ความยาวฝักสด น้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 5 ชั่วรุ่น ทั้ง 5 คู่ผสม ปรากฏผลดังนี้

วันออกดอก

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่และปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบผลบวก มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในการควบคุมวันออกดอกทั้ง 5 คู่ผสม และยังพบว่าปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบข่มนั้นแสดงอิทธิพลอย่างไม่มีนัยสำคัญ สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistasis) นั้น มีปรากฏบ้างในบางคู่ผสม คือ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 2 คู่ผสม คือ คู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่าค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่อิทธิพลของยีนแบบผลบวกของทุกคู่ผสม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มของคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก

มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และพันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. และพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. และพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)

ความยาวฝักสด

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่และปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบผลบวก มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในการควบคุมความยาวฝักสดในทุกคู่ผสม แต่การทำงานของยีนแบบข่มนั้น มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 4 คู่ผสม ยกเว้นในคู่ผสมของพันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวกมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 3 คู่ผสม ยกเว้นคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และ คู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 4 คู่ผสม ยกเว้นคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 4 คู่ผสม ยกเว้นคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่าค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่

อิทธิพลของยีนแบบผลบวกของทุกคู่ผสม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่ม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.4)

น้ำหนักฝักสด

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่ มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในการควบคุมน้ำหนักฝักสดใน 3 คู่ผสม ยกเว้นคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. และพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ส่วนปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบผลบวกและปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบข่ม พบว่า มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในทุกคู่ผสม สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มนั้น พบว่า มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในทุกคู่ผสม ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่าค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. และพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่อิทธิพลของยีนแบบผลบวกของทุกคู่ผสม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกรและพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก

มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกรและพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.5)

จำนวนฝักสดต่อต้น

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่ ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบผลบวกและการทำงานของยีนแบบข่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในการควบคุมจำนวนฝักสดต่อต้นในทุกคู่ผสม ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวกนั้น มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในทุกคู่ผสม สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่าค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่อิทธิพลของยีนแบบผลบวกของทุกคู่ผสม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก.

ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. และพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

ผลผลิตสดต่อต้น

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 2 คู่ผสม ยกเว้นคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก.และพันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ส่วนปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบผลบวก มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 3 คู่ผสม ยกเว้นคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และคู่ผสมของ พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. และยังพบว่าการทำงานของยีนแบบข่มนั้น มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในทุกคู่ผสม ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญใน 4 คู่ผสม ยกเว้นในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มนั้น แสดงอิทธิพลอย่างไม่มีนัยสำคัญ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่ม มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญในทุกคู่ผสม การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่าค่ากึ่งกลางระหว่างลักษณะพ่อแม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่อิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอิทธิพลของยีนแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ×

พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่มของทุกคู่ผสม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มมีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.7)

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาอัตราพันธุกรรมหรือความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (heritability: H)

จากการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาว คือ วันออกดอก ความยาวฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น น้ำหนักฝักสด และผลผลิตสดต่อต้น โดยศึกษาอัตราพันธุกรรมจากค่า analysis of variance ของพันธุ์แม่ (P_1) พันธุ์พ่อ (P_2) และลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4.3 ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมวันออกดอกของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Gene effects					
	m[1/]	d[1/]	h[1/]	i[1/]	j[1/]	l[1/]
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	41.285$^{b\,2/}$ ± 2.868**	-1.850$^{d\,2/}$ ± 1.621	4.929$^{a\,2/}$ ± 6.168	3.181$^{a\,2/}$ ± 2.735	8.000$^{a\,2/}$ ± 1.080**	-4.315$^{b\,2/}$ ± 3.897
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	47.751^{a} ± 1.220**	-3.667^{e} ± 0.408**	-5.502^{ab} ± 3.588	-4.284^{bc} ± 1.551	2.000^{b} ± 1.564**	-1.618^{ab} ± 2.938
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	51.351^{a} ± 5.899**	3.667^{a} ± 0.408**	-14.169^{b} ± 13.432	-7.884^{c} ± 5.479	1.600^{b} ± 1.011	5.884^{a} ± 7.528
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	48.950^{a} ± 3.789**	-1.000^{c} ± 0.500*	-2.233^{a} ± 10.201	-0.817^{ab} ± 3.920	0.933^{b} ± 1.832	1.217^{ab} ± 6.564
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	47.750^{a} ± 1.020**	1.000^{b} ± 0.500*	2.634^{a} ± 2.722	0.384^{a} ± 0.874	-1.067^{c} ± 0.494*	-1.850^{b} ± 1.621

หมายเหตุ : [1/] m = mean, d = additive effect, h = dominance effect, i = additive × additive effect, j = additive × dominance effect และ l = dominance × dominance effect

[2/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

S.E ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

ตารางที่ 4.4 ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมความยาวฝักสดของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Gene effects					
	m[1/]	d[1/]	h[1/]	i[1/]	j[1/]	l[1/]
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	45.083[a 2/] ± 2.021**	-10.549[c 2/] ± 0.297**	-3.006[c 2/] ± 5.187	-0.478[c 2/] ± 1.743	-12.642[d 2/] ± 2.081**	1.096[a 2/] ± 3.331
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	29.485[c] ± 1.483**	-7.276[d] ± 0.554**	39.433[a] ± 4.612**	13.413[a] ± 1.386**	5.316[a] ± 2.540*	-26.553[d] ± 3.849**
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	39.527[b] ± 2.004**	8.842[a] ± 0.554**	22.704[b] ± 4.218**	3.371[b] ± 2.053	0.064[b] ± 0.659	-14.683[b] ± 2.258**
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	40.226[b] ± 1.806**	-1.707[c] ± 0.608**	39.492[a] ± 4.167**	13.221[a] ± 1.593**	-2.150[c] ± 0.938**	-21.831[c] ± 2.179**
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	39.426[b] ± 1.848**	1.707[b] ± 0.608**	39.561[a] ± 4.655**	14.021[a] ± 1.895**	-2.202[c] ± 1.023*	-23.731[cd] ± 2.654**

หมายเหตุ : [1/] m = mean, d = additive effect, h = dominance effect, i = additive × additive effect, j = additive × dominance effect และ l = dominance × dominance effect

[2/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

S.E ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

ตารางที่ 4.5 ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมน้ำหนักฝักสดของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Gene effects					
	m[1/]	d[1/]	h[1/]	i[1/]	j[1/]	l[1/]
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	9.285[a2/] ± 1.487**	-1.360[d 2/] ± 0.198**	26.488[d 2/] ± 3.300**	5.634[d2/] ± 1.613**	0.640[ab 2/] ± 0.270*	-19.594[a 2/] ±2.029**
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	-0.347[c] ± 1.232	-1.840[c] ± 0.074**	44.176[b] ± 3.126**	15.747[b] ± 1.371**	1.960[a] ± 1.499	-26.867[b] ± 2.054**
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	5.364[b] ± 1.267**	1.840[a] ± 0.074**	37.653[c] ± 2.541**	10.036[c] ± 1.432**	1.200[a] ± 2.044	-24.556[b] ± 1.745**
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	-3.510[d] ± 2.772	0.480[b] ± 0.228*	55.461[a] ± 6.818**	20.271[a] ± 2.897**	-1.280[b] ± 1.331	-34.110[c] ± 3.735**
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	-4.511[d] ± 2.202*	-0.480[c] ± 0.228*	57.942[a] ± 4.260**	21.271[a] ± 2.436**	1.480[a] ± 1.637	-36.031[c] ± 2.241**

หมายเหตุ : [1/] m = mean, d = additive effect, h = dominance effect, i = additive × additive effect, j = additive × dominance effect และ l = dominance × dominance effect

[2/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

S.E ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

ตารางที่ 4.6 ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมจำนวนฝักสดต่อต้นของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Gene effects					
	$m^{1/}$	$d^{1/}$	$h^{1/}$	$i^{1/}$	$j^{1/}$	$l^{1/}$
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	$29.164^{a\,2/} \pm 3.134^{**}$	$-5.100^{e\,2/} \pm 0.573^{**}$	$19.726^{b\,2} \pm 7.605^{**}$	$17.135^{ab\,2/} \pm 3.168^{**}$	$6.733^{a\,2/} \pm 1.299^{**}$	$2.753^{a\,2/} \pm 4.661$
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	$23.275^{b} \pm 2.345^{**}$	$-2.100^{c} \pm 0.302^{**}$	$40.883^{a} \pm 5.667^{**}$	$20.024^{a} \pm 2.237^{**}$	$2.733^{b} \pm 1.182^{**}$	$-12.891^{b} \pm 3.807^{**}$
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	$29.098^{a} \pm 2.594^{**}$	$2.100^{b} \pm 0.302^{**}$	$23.104^{b} \pm 6.412^{**}$	$14.202^{b} \pm 2.420^{**}$	$0.866^{b} \pm 0.960$	$-3.202^{a} \pm 3.690$
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	$28.775^{a} \pm 3.039^{**}$	$-3.000^{d} \pm 0.527^{**}$	$25.160^{b} \pm 6.429^{**}$	$19.624^{a} \pm 3.260^{**}$	$1.467^{b} \pm 1.406$	$-2.380^{a} \pm 3.605$
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	$29.709^{a} \pm 4.518^{**}$	$3.000^{a} \pm 0.527^{**}$	$20.581^{b} \pm 10.623^{*}$	$18.690^{a} \pm 4.497^{**}$	$-3.200^{c} \pm 2.305$	$1.442^{a} \pm 6.352$

หมายเหตุ : $^{1/}$ m = mean, d = additive effect, h = dominance effect, i = additive × additive effect, j = additive × dominance effect และ l = dominance × dominance effect

$^{2/}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

S.E ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

ตารางที่ 4.7 ปฏิกิริยาการทำงานของยีนแบบต่าง ๆ ที่ควบคุมผลผลิตสดต่อต้นของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Gene effects					
	$m^{1/}$	$d^{1/}$	$h^{1/}$	$i^{1/}$	$j^{1/}$	$l^{1/}$
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	$0.125^{a\,2/} \pm 0.293$	$-0.135^{d\,2/} \pm 0.009$**	$1.600^{b\,2/} \pm 0.686$**	$0.554^{b\,2/} \pm 0.285$*	$0.111^{a\,2/} \pm 0.094$	$-0.907^{a\,2/} \pm 0.377$**
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	$-0.367^{b} \pm 0.645$	$-0.115^{d} \pm 0.023$**	$2.646^{ab} \pm 1.368$*	$1.026^{ab} \pm 0.642$	$0.129^{a} \pm 0.153$	$-1.409^{ab} \pm 0.736$*
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	$-0.030^{ab} \pm 0.199$	$0.115^{a} \pm 0.023$**	$2.057^{ab} \pm 0.581$**	$0.690^{b} \pm 0.200$**	$0.087^{a} \pm 0.149$	$-1.126^{ab} \pm 0.380$**
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	$-0.464^{b} \pm 0.192$**	$-0.019^{c} \pm 0.018$	$3.003^{a} \pm 0.415$**	$1.258^{a} \pm 0.191$**	$-0.068^{a} \pm 0.134$	$-1.628^{b} \pm 0.286$**
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	$-0.462^{b} \pm 0.202$**	$0.019^{b} \pm 0.018$	$2.973^{a} \pm 0.394$**	$1.256^{a} \pm 0.199$**	$0.046^{a} \pm 0.140$	$-1.624^{b} \pm 0.197$**

หมายเหตุ : [1/] m = mean, d = additive effect, h = dominance effect, i = additive × additive effect, j = additive × dominance effect และ l = dominance × dominance effect

[2/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

S.E ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

วันออกดอก

จากการศึกษาวันออกดอก พบว่า ส่วนใหญ่มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คือ อยู่ในช่วง 0.45 – 0.62 มีเพียงคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ คือ 0.45 (ตารางที่ 4.8) การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่า อัตราพันธุกรรมของวันออกดอก มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก.ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

ความยาวฝักสด

จากการศึกษาความยาวฝักสด พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ คือ อยู่ในช่วง 0.23 – 0.42 โดยคู่ผสมที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงสุด คือ คู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 (ตารางที่ 4.8) การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่า อัตราพันธุกรรมของความยาวฝักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

จำนวนฝักสดต่อต้น

จากการศึกษาจำนวนฝักสดต่อต้น พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง โดยสายพันธุ์ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงที่สุด รองลงมาเป็นสายพันธุ์ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และ พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. มีค่าอัตราพันธุกรรม 0.72 0.69 0.66 0.62 และ 0.61 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่า อัตราพันธุกรรมของจำนวนฝักสดต่อต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย

พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และพันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

น้ำหนักฝักสด

จากการศึกษาน้ำหนักฝักสด พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ คือ อยู่ในช่วง 0.24 – 0.55 โดยคู่ผสมที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูงสุด คือ คู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และคู่ผสมที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำสุด คือ คู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. (ตารางที่ 4.8) การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่า อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักฝักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

ผลผลิตสดต่อต้น

จากการศึกษาผลผลิตสดต่อต้น พบว่า มีเพียง 2 คู่ผสมที่มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง คือ ในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 และ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. โดยมีค่าอัตราพันธุกรรม 0.66 และ 0.68 ตามลำดับ ส่วนในคู่ผสมของ พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. และ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คือ 0.51 และ 0.56 ตามลำดับ สำหรับในคู่ผสมของ พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ คือ 0.31 (ตารางที่ 4.8) การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ปรากฏว่า อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักฝักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติของคู่ผสม โดย พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1, พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและคู่ผสม พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 แสดงอัตราการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากค่า analysis of variance

คู่ผสม	heritability				
	วันออกดอก	ความยาวฝักสด	จำนวนฝักสดต่อต้น	น้ำหนักฝักสด	ผลผลิตสดต่อต้น
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	0.45[c 1/]	0.42[a 1/]	0.69[a 1/]	0.44[b 1/]	0.66[a 1/]
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	0.60[ab]	0.23[c]	0.72[a]	0.38[b]	0.51[b]
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	0.62[ab]	0.23[c]	0.66[ab]	0.25[c]	0.68[a]
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	0.59[ab]	0.25[bc]	0.62[b]	0.52[a]	0.56[b]
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	0.56[b]	0.29[b]	0.61[b]	0.43[b]	0.31[c]

หมายเหตุ : [1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95 % โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตของน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น

จากการศึกษาการกระจายตัวในลักษณะผลผลิตของพ่อแม่และลูกผสมชั่วที่ 2 ในถั่วฝักยาวทั้ง 5 คู่ผสม พบว่า มีการกระจายตัวของลักษณะน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และผลผลิตสดต่อต้น มากกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ ซึ่งสอดคล้องกับไพศาล เหล่าสุวรรณ (2527) ที่กล่าวว่า ใน F_2 มีการกระจายตัวมากกว่าพันธุ์พ่อ แม่ และลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ทั้งนี้เพราะพืช F_2 มีหลาย genotype นั่นเอง ผลของ genotype มาก ย่อมทำให้การกระจายตัวของพืชในชั่วนี้มาก

4.2 ศึกษาการทำงานของยีน ชั่ว P_1 P_2 F_1 F_2 Bc_1 และBc_2

เมื่อพิจารณาลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาว คือ วันออกดอก ความยาวฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น น้ำหนักฝักสด และผลผลิตสดต่อต้น พบว่า อิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีบทบาทต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาว และแสดงผลชัดเจนในทุกคู่ผสม ในลักษณะวันออกดอก ความยาวฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และน้ำหนักฝักสด ยกเว้น ผลผลิตสดต่อต้นที่พบเพียง 3 คู่ผสม คือ พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก. × พันธุ์เมล็ดแดง มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์เมล็ดแดงด่างขาว มก., พันธุ์เมล็ดแดง มก. × พันธุ์นิลมังกร เบอร์ 1 จากถั่วฝักยาวที่ใช้ศึกษา 5 คู่ผสม แสดงว่า อิทธิพลของยีนแบบผลบวกมีความสำคัญและเป็นอิทธิพลหลักต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ชานนท์ ลาภจิตร (2549) พบว่า มีการแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive gene action) ในลักษณะความยาวฝัก และKordus (1991) รายงานว่า บทบาทของยีนแบบผลบวก มีความสำคัญกว่าไม่เป็นผลบวก (non - additive) ในลักษณะอายุการออกดอก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าอิทธิพลของยีนแบบผลบวกในแต่ละลักษณะในทุกคู่ผสม พบว่า ในลักษณะที่อิทธิพลของยีนไม่มีนัยสำคัญนั้น เกิดขึ้นเนื่องจากค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่กับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อในลักษณะนั้นมีความแตกต่างไม่มากนัก และอิทธิพลของยีนแบบผลบวกของแต่ละคู่ผสมก็มีระดับแตกต่างกันไป เนื่องจากความ

แตกต่างระหว่างพันธุ์แม่และพันธุ์พ่อ ดังนั้น อิทธิพลของยีนแบบผลบวก จึงเป็นค่าเฉพาะของแต่ละคู่ผสม (Mather and Jinks. 1977)

สำหรับอิทธิพลของยีนแบบข่มนั้น พบว่า มีบทบาทต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาวทั้ง 5 คู่ผสม น้อยกว่าอิทธิพลแบบผลบวก โดยลักษณะที่มีอิทธิพลของยีนแบบข่มปรากฏในทุกคู่ผสม คือ จำนวนฝักสดต่อต้น น้ำหนักฝักสดและผลผลิตสดต่อต้น สอดคล้องกับการทดลองของ Koranne and Singh (1974) พบว่า มีการทำงานของยีนแบบข่มในลักษณะจำนวนฝักสดต่อต้นของถั่วลันเตา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าอิทธิพลของยีนแบบข่มที่ปรากฏในบางลักษณะในบางคู่ผสม มีทั้งเครื่องหมายบวกและลบ ซึ่ง Gamble (1962) ได้ให้ความเห็นว่า ค่าของอิทธิพลของยีนแบบข่มที่มีเครื่องหมายเป็นลบ จะมีผลไปในทางลดการแสดงออกลักษณะ ฉะนั้นจึงควรมุ่งใช้ประโยชน์จากลักษณะและคู่ผสมที่แสดงอิทธิพลของยีนแบบข่มเป็นบวก ซึ่งลักษณะที่สำคัญที่แสดงอิทธิพลของยีนแบบข่มเป็นบวก ในคู่ผสมส่วนใหญ่ ได้แก่ ความยาวฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น น้ำหนักฝักสดและผลผลิตสดต่อต้น อย่างไรก็ตาม ถ้าหากจุดประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว มุ่งเน้นเพื่อให้ได้สายพันธุ์แท้แล้ว ประโยชน์ของอิทธิพลของยีนแบบข่มจะมีน้อย และอาจก่อให้เกิดปัญหาในการคัดเลือกให้ยุ่งยากขึ้น เนื่องจากมีการกระจายตัวของลักษณะต่าง ๆ ในชั่วต้น ๆ และต้องรอไปชั่วหลัง ๆ ของการกระจายตัว การคัดเลือกจึงจะได้ผล (Edward *et al.* 1976)

นอกจากอิทธิพลของยีนแบบผลบวก และแบบข่มที่แสดงบทบาทสำคัญต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาวแล้ว ยังพบอิทธิพลของยีนที่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งแบบต่าง ๆ ซึ่งเรียกรวม ๆ กันว่า epistatic effects สามารถประเมินออกมาได้ 3 ประเภท คือ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก (i ; additive × additive) ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่ม (j ; additive × dominance) และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่ม (l ; dominance × dominance) พบว่า ลูกผสมทั้ง 5 คู่ผสม มีการแสดงออกของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวก ในลักษณะจำนวนฝักสดต่อต้นและน้ำหนักฝักสด ในขณะที่การแสดงออกของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่ม มีบทบาทสำคัญเกือบทุกคู่ผสมในลักษณะความยาวฝักสด ส่วนการแสดงออกของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่ม ในลักษณะน้ำหนักฝักสดและผลผลิตสดต่อต้นของทุกคู่ผสม และในลักษณะจำนวนฝักสดต่อต้น ในคู่ผสมของ เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก. ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kattak *et al.* (2001) ที่พบการแสดงออกของยีนแบบ dominance × dominance effects ในลักษณะจำนวนฝักต่อต้นในถั่ว mungbean

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งนี้ แม้ไม่ใช่อิทธิพลหลักทางพันธุกรรม แต่ก็มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) ที่เบี่ยงเบนไปจากการแสดงออกของยีนแบบปกติได้ เช่น ส่งผลให้พืชแสดงลักษณะออกมาเหมือนกัน ทั้งที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน (กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2528) ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการคัดเลือกลดลง เมื่อพิจารณาเครื่องหมายบวกและลบ ที่ปรากฏในปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่ง โดยเฉพาะปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่ม ซึ่ง Gamble (1962) ได้ให้ความเห็นว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มที่มีเครื่องหมายลบ เป็นปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งที่ไม่ต้องการ เนื่องจากแสดงผลไปในทางลดลักษณะ

ฉะนั้นในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว อาจทำได้ทั้งการผลิตสายพันธุ์บริสุทธิ์และการผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 เพราะปฏิกิริยาการทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะที่สำคัญ ส่วนใหญ่เป็นแบบผลบวก ซึ่งเหมาะในการทำสายพันธุ์บริสุทธิ์ แต่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนต่างตำแหน่งแบบผลบวกกับแบบข่ม และแบบข่มกับแบบข่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะผลผลิตสดต่อต้น ดังนั้นในการเพิ่มผลผลิตจึงควรผลิตพันธุ์ลูกผสม

4.3 ศึกษาอัตราพันธุกรรมหรือความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (heritability: H)

จากการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ในแต่ละคู่ผสม พบว่า ลักษณะที่แสดงค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง ได้แก่ จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น สำหรับลักษณะความยาวฝักสดและน้ำหนักฝักสด มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำนั้น สามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสม เช่น ถ้าค่าอัตราพันธุกรรมสูง สามารถใช้วิธีการคัดเลือกแบบง่าย ๆ แต่ถ้าอัตราพันธุกรรมต่ำจะคัดเลือกได้ยาก เพราะสภาพแวดล้อมมีผลมาก อาจต้องใช้วิธีการทดสอบลูก (progeny test) และถ้ามีอิทธิพลของยีนแบบไม่เป็นผลบวกมีความสำคัญ ควรทำการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงสมรรถนะเฉพาะ หรือใช้วิธีการคัดเลือกหลาย ๆ แบบ และทำการทดลองภายใต้หลาย ๆ สภาพแวดล้อม (พีระศักดิ์ ศรีวิเศษ. 2525)

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1

การศึกษาการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตของน้ำหนักฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น ในถั่วฝักยาว 3 ชั่วรุ่น พบว่า ลักษณะผลผลิตที่ศึกษา เป็นลักษณะทางปริมาณ เนื่องจากมีการกระจายตัวอย่างต่อเนื่องในรุ่นลูกชั่วที่ 2 ของทั้ง 5 คู่ผสม โดยในลักษณะผลผลิต พบว่า จำนวนฝักสดต่อต้นมีการกระจายตัวมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำหนักฝักสดและผลผลิตต่อต้น ตามลำดับ

การทดลองที่ 2

การศึกษาปฏิกิริยาการทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาวชั่ว P_1 P_2 F_1 F_2 Bc_1 และBc_2 พบว่า

อิทธิพลของยีนแบบผลบวก มีบทบาทมากต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ของถั่วฝักยาว และแสดงผลชัดเจนในทุกคู่ผสม ในลักษณะวันออกดอก ความยาวฝักสด จำนวนฝักสดต่อต้น และน้ำหนักฝักสด ยกเว้น ผลผลิตสดต่อต้นที่พบเพียง 3 คู่ผสมจากถั่วฝักยาวที่ใช้ศึกษา 5 คู่ผสม

อิทธิพลของยีนแบบข่ม มีบทบาทน้อยกว่าอิทธิพลของยีนแบบผลบวก โดยลักษณะที่มีอิทธิพลของยีนแบบข่มปรากฏในทุกคู่ผสม คือ จำนวนฝักสดต่อต้น น้ำหนักฝักสดและผลผลิตสดต่อต้น

อิทธิพลของยีนต่างตำแหน่ง พบว่า ปฏิกิริยาของยีนแบบผลบวกกับแบบผลบวกมีความสำคัญที่สุด และปรากฏในถั่วฝักยาวเกือบทุกคู่ผสมในลักษณะจำนวนฝักสดต่อต้นและน้ำหนักฝักสด ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบผลบวกกับแบบข่ม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนแบบข่มกับแบบข่มมีความสำคัญรองลงมา

การทดลองที่ 3

การศึกษาอัตราพันธุกรรมหรือความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

(heritability: H) พบว่า ลักษณะที่แสดงค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง ได้แก่ จำนวนฝักสดต่อต้นและผลผลิตสดต่อต้น สำหรับลักษณะความยาวฝักสดและน้ำหนักฝักสด มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ

ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว อาจทำได้ทั้งการผลิตสายพันธุ์บริสุทธิ์ และการผลิตลูกผสม โดยดูจากค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และลักษณะการแสดงออกของยีน ซึ่งถ้าลักษณะใดมีการแสดงออกของยีนแบบผลบวก แสดงว่าลักษณะนั้นสามารถที่จะทำการคัดเลือกได้ในชั่วต้น ๆ ส่วนลักษณะใดที่มีการแสดงออกของยีนแบบข่ม ถ้าจะทำการคัดเลือกลักษณะนั้น สามารถทำได้ในชั่วรุ่นหลัง ๆ

บรรณานุกรม

กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์. 2530. "การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะบางประการของฝ้าย." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

กมล เลิศรัตน์. 2532. **เทคนิคการผสมพันธุ์ผัก**. ขอนแก่น : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2519. **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2528. **การปรับปรุงพันธุ์พืช.** กรุงเทพฯ : บริษัทไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2546. **ปรับปรุงพันธุ์พืช.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. "เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วฝักยาว", เอกสารวิชาการลำดับที่ 5 ฉบับเดือนมีนาคม, ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. สถิติการปลูกพืชผัก จำแนกตามชนิดพืชปีเพาะปลูก. [Online]. Available : http://service.nso.go.th/nso/g_data23/stat_23/toc_10/10.1.5-1.xls

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2550. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. [Online]. Available : http://nutrition.anamai.moph.go.th/FoodTable/Html/frame.html

จรัสศรี นวลศรี. 2527. "การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางประการของมะเขือจาน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

ชานนท์ ลาภจิตร. 2549. "การศึกษาสมรรถนะการรวมตัว และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วฝักยาว 6 สายพันธุ์." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฐะปะณี จันทรเจิด. 2527. ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์).** 18 : 123-127.

ดนัย ศุภาหาร. 2530. “การศึกษาปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในบางลักษณะของถั่ว.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชลิตา ชินพันธ์และศิริพร ชื่นสำโรง. 2546. “ลักษณะการกระจายตัวของมะเขือเทศลูกผสมชั่วที่ 2 จากการผสมระหว่างพันธุ์ CLN 2123A × KMITL 1.” ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ทศพร แจ้งจรัส. 2531. **ถั่วฝักยาว ผักฤดูร้อน**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปราโมทย์ สฤษดิ์นิรันทร์, อัญมณี อาวุชานนท์, กฤษฎา จาตุรัส, และทศพล เปรมแดง. 2547. “อัตราพันธุกรรมและการกระจายตัวของลักษณะผลผลิตและคุณภาพผลผลิตที่สำคัญในถั่วฝักยาวชั่วที่ 2.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 35 (5-6) : 255-258.

ปราโมทย์ พรสุริยา. 2537. “การเปรียบเทียบและการถ่ายทอดลักษณะของคุณภาพฝักในการผสมระหว่างถั่วฝักยาวกับถั่วพุ่ม.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิต-วิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. **พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และเจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2529. กรุงเทพฯ. **พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช.** สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

รัตนา สันทัดพานิช. 2530. “การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะในถั่วฝักยาว.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์.

วราภรณ์ ทองพันธ์. 2545. “ลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและการกระจายตัวของลักษณะทางการเกษตรบางลักษณะของถั่วเหลืองลูกผสมชั่วที่ 2 จากการผสมข้ามระหว่างถั่วเหลืองน้ำมันกับถั่วเหลืองฝักสด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิต-วิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วไลลักษณ์ เลิศอนันต์ตระกูล. 2522. "การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว." ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิเชษฐ ค้าสุวรรณ. 2551. **การปลูกพืชผักทั่วไป.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์คลื่นอักษร.

วิทยา บัวเจริญ. 2527. **หลักการผสมและปรับปรุงพันธุ์พืช.** กรุงเทพฯ : เกษตรไทย.

ศศิธร วุฒิวณิชย์. 2549. **โรคของผักและการควบคุมโรค.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สมจินตนา นิลพันธุ์. 2529. "การศึกษาลักษณะและองค์ประกอบของผลผลิตของถั่วเหลือง 40 พันธุ์." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

สิริกุล วะสี. 2524. "การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะบางประการของมะละกอสองสายพันธุ์." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสถียร บุญฤทธิ์. 2530. **หลักการทั่วไปในการจัดทำแปลงขยายพันธุ์พืชผักบางชนิด.** เอกสารประกอบบรรยายเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร. โครงการนำร่องส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 7, เชียงใหม่.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล. 2546. **โรคและศัตรูบางชนิดของผักและการป้องกัน.** พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

อริยา คุโณทัย. 2523. "การถ่ายทอดลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดในถั่วฝักยาว." วิทยานิพนธ์วิทยา-ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรนุช เพิ่มสัตย์. 2521. "การศึกษาการเจริญเติบโตของถั่วฝักยาว." ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรวินทินี ชูศรี. 2546. "สมรรถนะการรวมตัวและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมะเขือเทศ 5 สายพันธุ์." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Barnard, C. 1969. "Heredity plant species." Cited by P.J. Skerman, D.B. Cameron and F. Riveros. **Tropical Forage Legumes.** Rome : Food and Agriculture Organization of United Nation.

Drabo, I., T. A. O. Ladeinde, R. Redden and J. B. Smithson. 1985. "Inheritance of seed size and number per pod in cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.)." **Field Crops Research.** 11: 335-344.

Edwards, L.H., H.Ketata and E.L., Smith. 1976. "Gene action of heading date plant height and other characters in two winter wheat crosses." **Crop Sciences.** 16 :275-277.

Gamble, E.E. 1962. "Gene effects in corn (*Zea mays* L.) I.Seperation and relative importance of gene effects for yield." **Canadian Journal of Plant Sciences.** 42 : 339-348.

Hayman, B.I. 1958. "The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation mean." **Heredity.** 12: 371-390.

Khattak, G. S. S., Haq, M. A., Ashraf, M. and McNeilly. 2001. "Genetic basis of variation of yield components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilezek)." **Heredity**. 134: 211-217.

Krarup, A. and Davis, D.W. 1970. "Inheritance of seed yield and its components in six parent diallele cross in Peas." **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 95(6): 795 – 797.

Koranne, K.D. and H.B. Singh. 1974. "Genetic analysis of yield and yield contributory characters in pea." **Indian Journal of Agricultural Sciences.** 44(5): 294-298.

Kordus, R. 1991. "Heterosis in F_1 hybrids of hot pepper (*Capsicum annuum* L.)." **Capsicum Newsletter.** No. 10 : 51-52.

Mahmud, K. and Kramer, H. 1951. "H-segregation for yield, height and maturity following a soybean cross." **Agronomy Journal.** 43: 605-609.

Mak, C. and T.C. Yap. 1980. Heterosis and combining ability of seed protein, yield and yield components in long bean. **Crop Science.** 17: 334-341.

Mather, K. and J.L. Jink. 1977. **Introduction to Biometrical Genetic.** London : Chapman and Hall.

Purseglove, J.W. 1977. **Tropical Crops** : **Dicotyledon.** London: Longman Group Limited. 719 p.

Rachie, K. O., K. Rawa and J. D. Franckowiak. 1975. "A rapid method of hand crossing cowpeas." **Plant Breeding Abstract.** 45 : 1868.

Rohman, M.M., Iqbal Hussain, A.S.M, Arifin, M.D.S., Akhter, Z. and Hasanuzzaman, M. 2003. "Genetic variability, correlation and path analysis in mungbean. **Asian Journal of Plant Sciences.** 2: 1209-1211.

Warner, J.N. 1952. "A method for estimating heritability." **Agronomy Journal.** 44: 427-430.

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก 1 ค่าเฉลี่ยของชั่วต่าง ๆ ในลักษณะของวันออกดอก (วัน) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Generations					
	P_1	P_2	F_1	F_2	Bc_1	Bc_2
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	39.86	49.31	42.22	42.60	43.09	45.14
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	39.86	46.73	44.45	45.92	45.25	48.80
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	46.73	39.86	42.88	44.94	47.40	42.36
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	46.73	49.31	48.80	48.23	48.30	48.63
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	49.31	46.73	47.86	48.13	48.71	47.90

ตารางที่ ก 2 ค่าเฉลี่ยของชั่วต่าง ๆ ในลักษณะของความยาวฝักสด (เซนติเมตร) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Generations					
	P_1	P_2	F_1	F_2	Bc_1	Bc_2
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	34.06	55.15	43.17	43.85	35.30	52.17
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	34.06	51.74	42.36	42.56	42.82	49.01
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	51.74	34.06	47.55	47.21	52.49	43.61
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	51.74	55.15	57.89	54.51	56.43	59.21
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	55.15	51.74	55.26	53.27	57.08	56.48

ตารางที่ ก 3 ค่าเฉลี่ยของชั่วต่าง ๆ ในลักษณะของน้ำหนักฝักสด (กรัม) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Generations					
	P_1	P_2	F_1	F_2	Bc_1	Bc_2
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	13.55	16.28	16.18	17.63	18.52	19.56
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	13.55	17.24	17.10	15.09	18.60	19.46
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	17.24	13.55	18.46	18.05	21.78	19.34
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	17.24	16.28	17.84	15.69	20.68	20.84
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	16.28	17.24	17.40	15.45	20.90	20.64

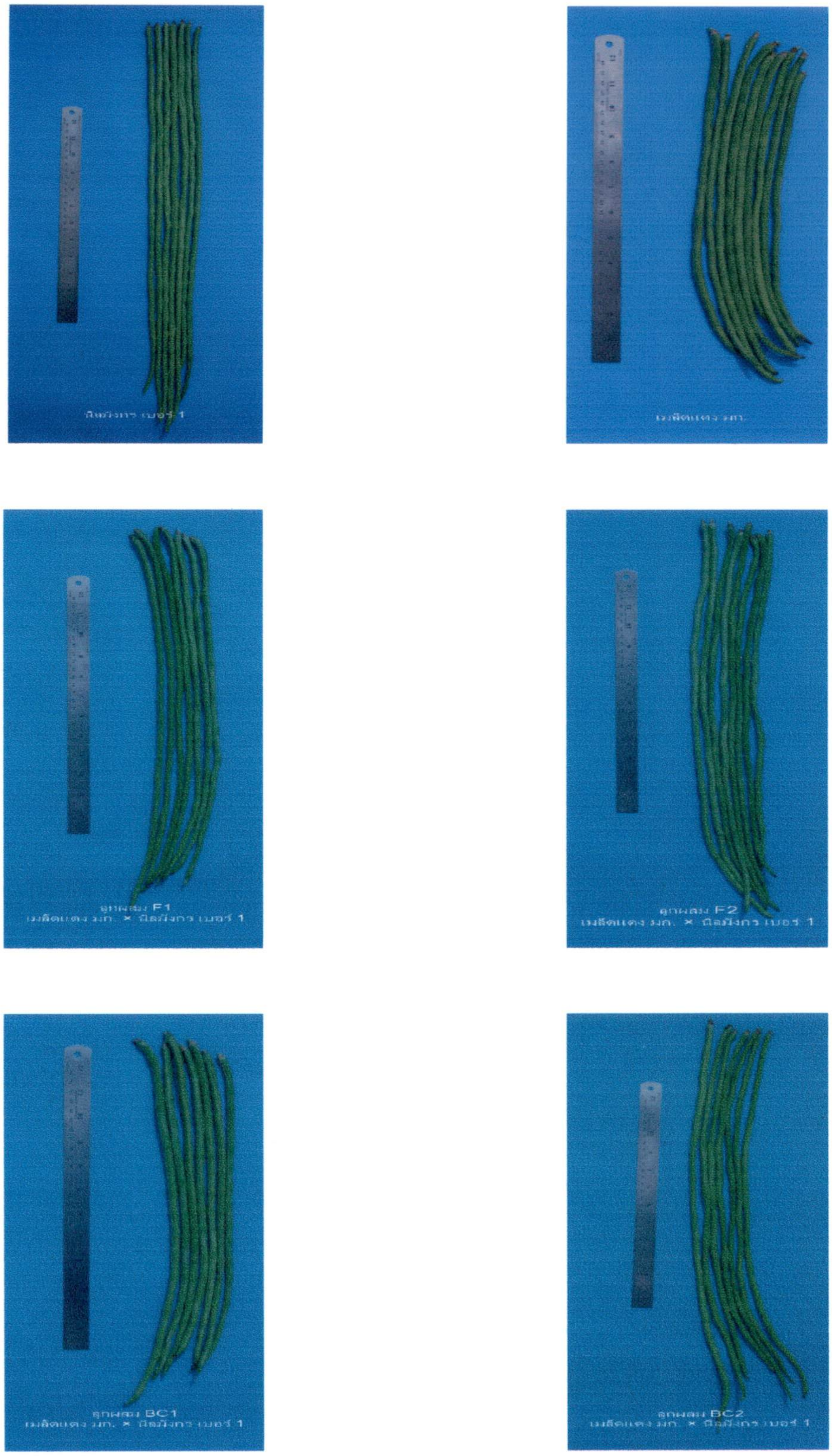
ตารางที่ ก 4 ค่าเฉลี่ยของชั่วต่าง ๆ ในลักษณะของจำนวนฝักสดต่อต้น (ฝัก) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Generations					
	P_1	P_2	F_1	F_2	Bc_1	Bc_2
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	41.20	51.40	51.65	39.70	43.13	44.87
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	41.20	45.40	51.25	40.46	45.13	45.87
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	45.40	41.27	49.00	39.85	44.67	42.13
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	45.40	51.40	51.55	40.75	44.53	46.80
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	51.40	45.40	51.73	40.35	45.73	44.33

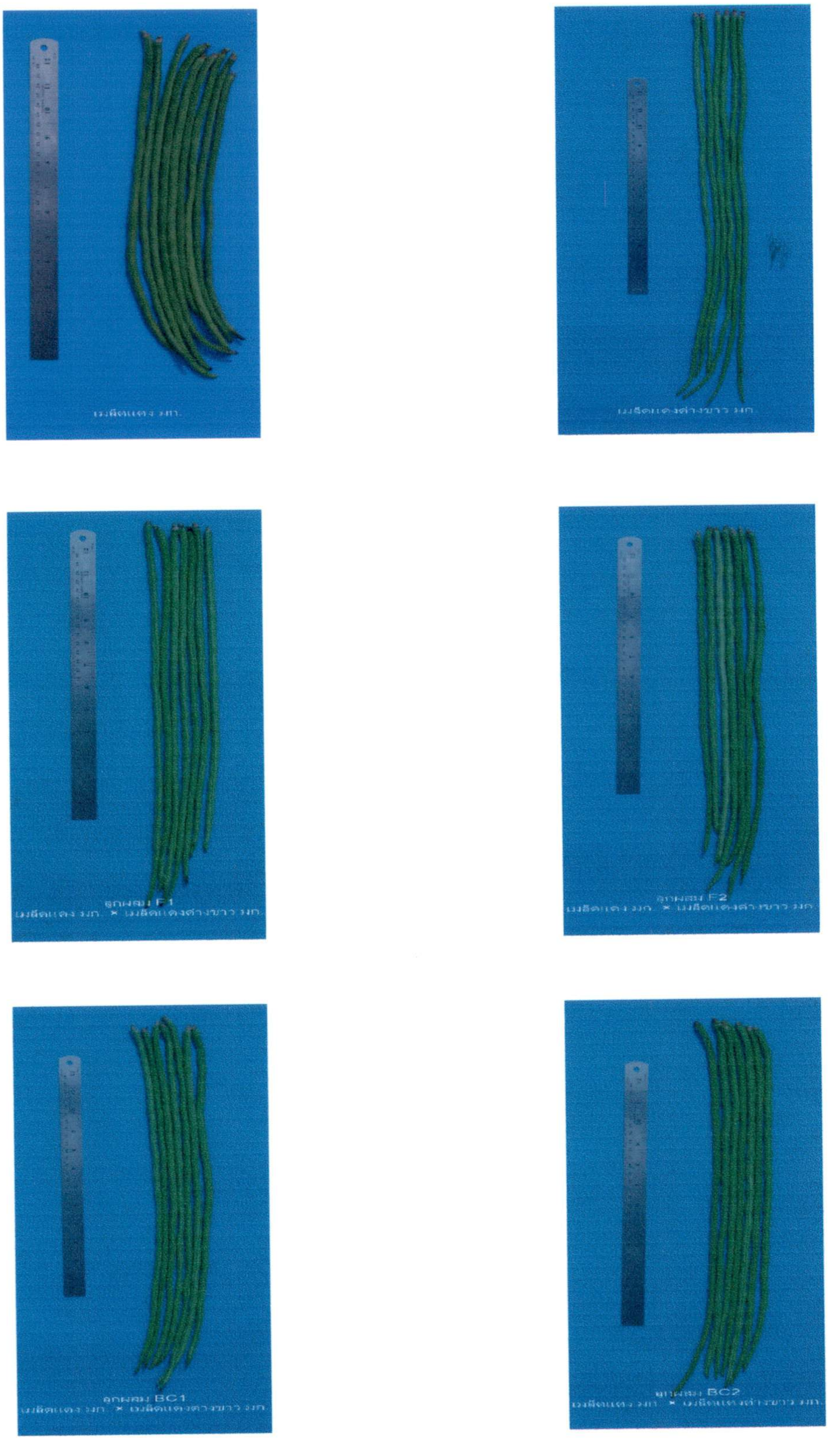
ตารางที่ ก 5 ค่าเฉลี่ยของชั่วต่าง ๆ ในลักษณะของผลผลิตสดต่อต้น (กิโลกรัม) ของถั่วฝักยาว 5 คู่ผสม

Cross	Generations					
	P_1	P_2	F_1	F_2	Bc_1	Bc_2
เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1	0.544	0.813	0.818	0.698	0.797	0.876
เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.	0.544	0.775	0.872	0.605	0.836	0.887
เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.	0.775	0.544	0.901	0.717	0.969	0.810
เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1	0.775	0.813	0.915	0.631	0.919	0.972
นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.	0.813	0.775	0.888	0.619	0.954	0.912

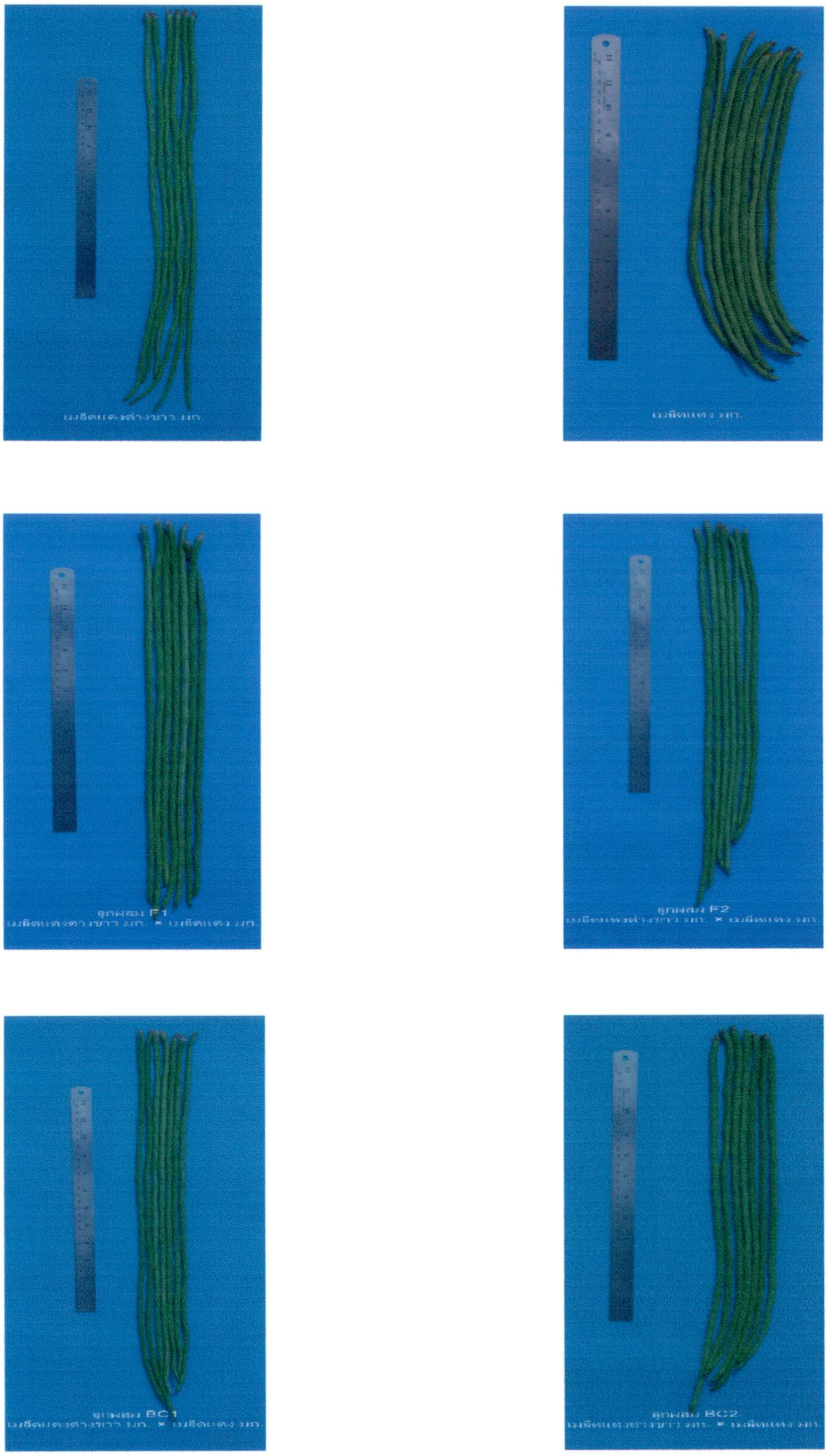
ภาคผนวก ข



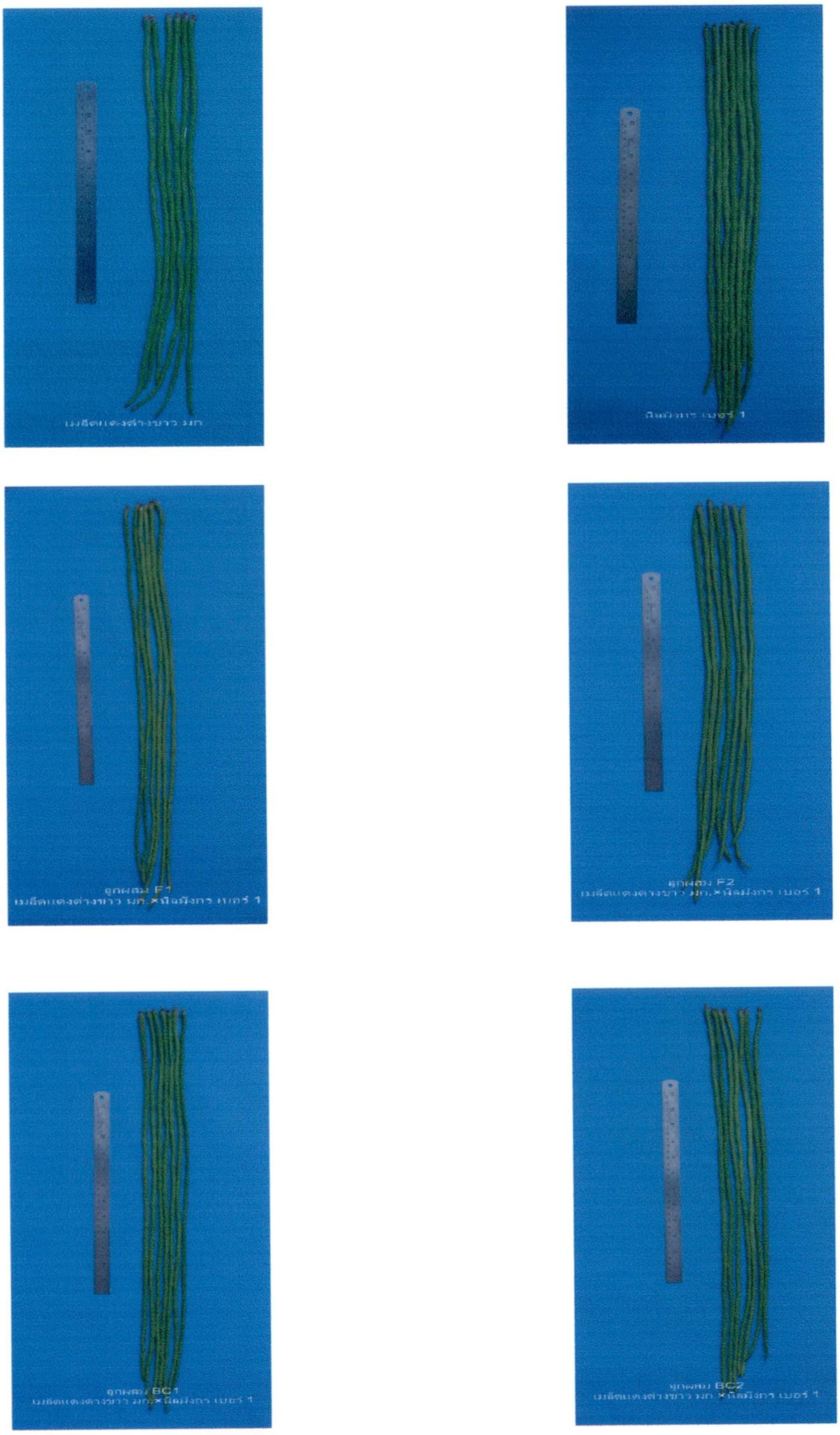
ภาพที่ ข 1 เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 ระหว่าง เมล็ดแดง มก. × นิลมังกร เบอร์ 1



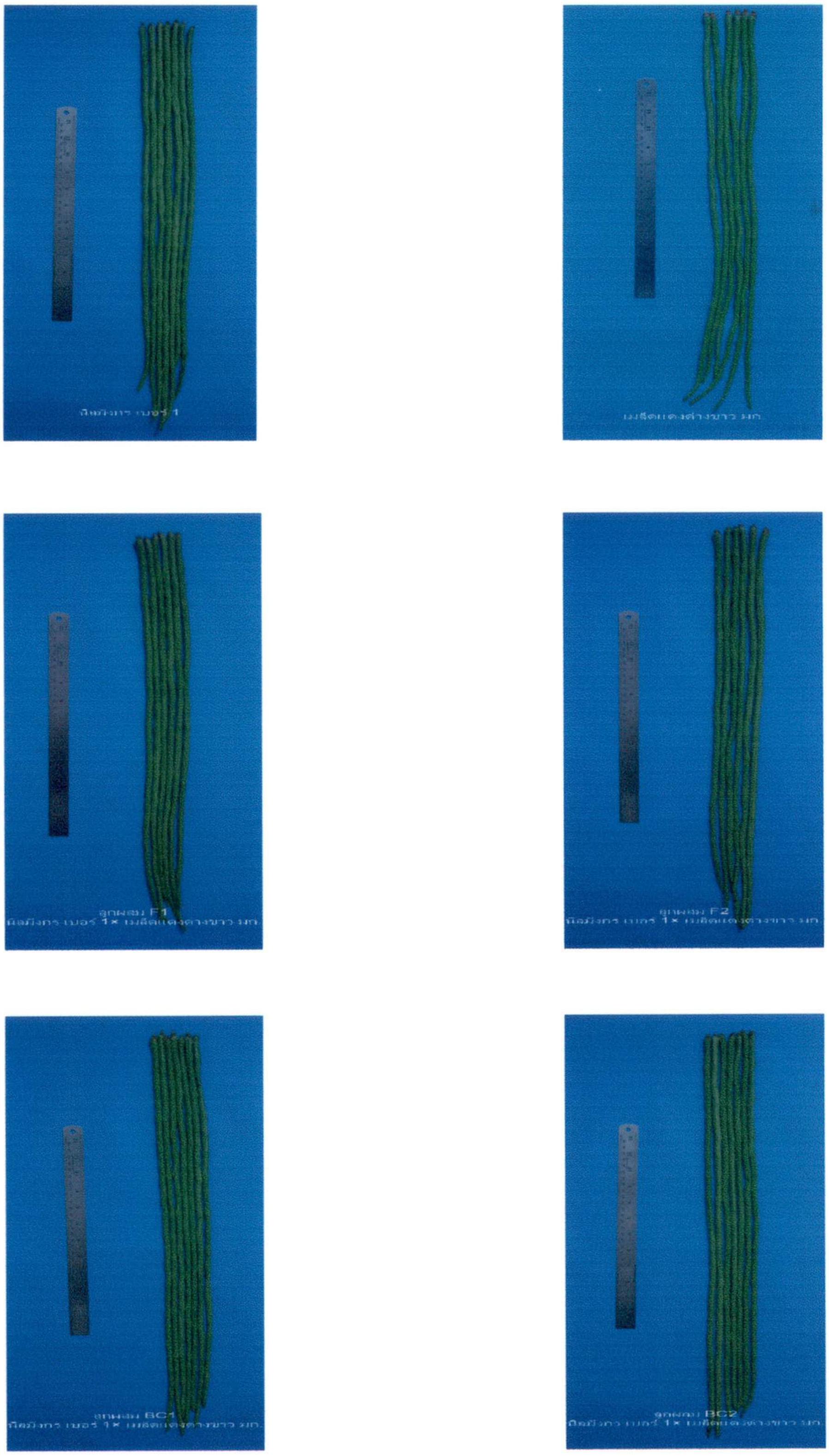
ภาพที่ ข 2 เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 ระหว่าง เมล็ดแดง มก. × เมล็ดแดงด่างขาว มก.



ภาพที่ ข 3 เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 ระหว่าง เมล็ดแดงด่างขาว มก. × เมล็ดแดง มก.



ภาพที่ ข 4 เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 ระหว่าง เมล็ดแดงด่างขาว มก.×นิลมังกร เบอร์ 1



ภาพที่ ข 5 เปรียบเทียบลักษณะฝักของถั่วฝักยาวพันธุ์แม่ พ่อ ลูกผสม F_1 F_2 Bc_1 และ Bc_2 ระหว่าง นิลมังกร เบอร์ 1× เมล็ดแดงด่างขาว มก.