การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสม

IMPROVEMENT OF CYTOPLASMIC MALE STERILE LINES OF RICE BY BACKCROSSING AND COMBINING ABILITY TEST

พชระ แสงสวงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสม

พชระ แสงสวงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม Improvement of Cytoplasmic Male Sterile Lines of Rice by Backcrossing and Combining Ability Test
ชื่อ – นามสกุล	นางพชระ แสงสวงค์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิตพืช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะวดี เจริญวัฒนะ, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชตา ทนวิทูวัตร, วท.ด.)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุภาพร จันทร์บัวทอง, วท.ด.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะวดี เจริญวัฒนะ, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำนาจ ศิลวัตร, Ph.D.)
วันที่ 10 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2556

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม
ชื่อ – นามสกุล	นางพชระ แสงสวงค์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิตพืช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะวดี เจริญวัฒนะ, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ในช่วงระหว่างปี 2553-2555 มีวัตถุประสงค์คือพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ โดยนำเมล็ดลูกผสมกลับ BC_1A' (สายพันธุ์ A) และเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 3 (สายพันธุ์ B) จำนวน 15 คู่ผสม และผสมกลับอีกถึงชั่วที่ 5 ได้ลูกผสมมีเรณูเป็นหมันสมบูรณ์ 3 คู่ผสม ได้แก่ IR79156A//IR79156B/CNT1, IR80156A//IR80156B/IR46R และ IR80156A//IR80156B /SPR1 เมื่อนำสายพันธุ์ A ใหม่ 3 สายพันธุ์ ผสมกับสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน 5 สายพันธุ์ และนำเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 ไปปลูกทดสอบผลผลิตพบว่า ข้าวลูกผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ RD31 และ RDH1 ประมาณร้อยละ 35 และ 41 ตามลำดับ

นอกจากนี้พบว่ายังมีข้าวลูกผสมที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 5 คู่ผสมได้แก่ PTT08003A/CK81, PTT08002A/CK81, PTT08002A/SPR1, PTT08001A/SPR1 และ PTT08001A/RD31 และอีก4 คู่ผสม มีค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด ได้แก่ PTT08003A/CK81, PTT08001A/RD31, PTT08003A/SPR1 และ PTT08002A/SPR1 ส่วนค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ (กขผ1 ปทุมธานี1 พิษณุโลก 2) และสายพันธุ์ลูกผสมที่ปลูกเป็นการค้าของจีน (HSLY-26) ได้แก่ คู่ผสม PTT08001A/RD31

ข้าวสายพันธุ์เรณูเป็นหมันที่พัฒนาขึ้นใหม่ คือพันธุ์ PTT08001A และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน RD31 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปดี ส่วนคู่ผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง ได้แก่ PTT08001A/RD31, PTT08002A/SPR1 และ PTT08002A/CK168

คำสำคัญ: ข้าวลูกผสม การผสมกลับ สายพันธุ์เรณูเป็นหมัน สายพันธุ์รักษาเรณูเป็นหมัน สายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน สมรรถนะการผสม

Thesis Title	Improvement of Cytoplasmic Male Sterile Lines of Rice by Backcrossing and Combining Ability Test
Name - Surname	Mrs. Pachara Saengsawong
Program	Crop Production Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Piyavadee Charoenwattana, Ph.D.
Academic Year	2012

ABSTRACT

The improvement of cytoplasmic male sterile (CMS) lines of rice by backcrossing and combining ability test was conducted at Pathumthani Rice Research Center during 2010-2012. The objective of this research was to develop the CMS breeding lines for using as a female parent for three-lines hybrid rice production system in the environment of Thailand. Fifteen crosses were produced from hybrid seeds backcross BC_1A' (A-line) and F_3 hybrid seeds (B-line) and followed by five generations of backcrossing. The result showed that 3 crosses (A-line): IR79156A//IR79156B/CNT1, IR80156A//IR80156B/IR46R and IR80156A//IR80156B/SPR1 were revealed for completely male sterile. The hybridization between 3 new A-lines and 5 restorer lines (R-line) produced F_1 hybrid seeds. The F_1 hybrids were put in yield trial and found that PTT08001A/RD31 gave higher yield than RD31 and RDH1 approximately 35 and 41 percent, respectively.

For the heterosis calculation, five F_1 hybrids (PTT08003A/CK81, PTT08002A/CK81, PTT08002A/SPR1, PTT08001A/SPR1 and PTT08001A/RD31) showed higher in mid-parent heterosis, four F_1 hybrids (PTT08003A/CK81, PTT08001A/RD31, PTT08003A/SPR1 and PTT08002A/SPR1) got greater in heterobeltiosis and PTT08001A/RD31 were over the standard lines (RDH1, PTT1 and PSL2) and a commercial Chinese rice hybrid line (HSLY-26).

For combining ability test, the improved CMS line (PTT08001A) and restorer line (RD31) had high general combining ability. As well as 3 crosses (PTT08001A/RD31, PTT08002A/SPR1 and PTT08002A/CK168) were high specific combining ability.

Keywords: hybrid rice, backcross, A-line, B-line, R-line, combining ability

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวดี เจริญวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.สุภาพร จันทร์บัวทอง ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และช่วยเหลือในการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งสมบูรณ์ กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชตา ทนวิทูวัตร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำทำให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลองตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ และขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ เจ้าหน้าที่ในศูนย์วิจัยข้าวทุก ๆ ท่านที่ให้การช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาทำการทดลองและการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งเจ้าของงานวิจัยที่ข้าพเจ้านำมาใช้อ้างอิงประกอบการทำวิทยานิพนธ์

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวบุตรโคตร และญาติพี่น้องทุกคนที่ได้อบรม ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่องตลอดมา

พชระ แสงสวงค์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

สารบัญภาคผนวก ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสม 5

2.2 การผสมกลับ (The Backcross) 6

2.3 ความดีเด่นของลูกผสม 7

2.4 การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสม ... 9

2.5 ลักษณะความเป็นหมันของเรณูเพศผู้ 10

2.6 พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันเพื่อการผลิตข้าวลูกผสม 11

2.7 การจำแนกสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันในข้าว 14

2.8 การใช้ลักษณะเพศผู้เป็นหมันในระบบการผลิตข้าวลูกผสม 14

สารบัญ (ต่อ)

บทที่			หน้า
	2.9	การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันโดยใช้วิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะ การผสมในชั่วแรกๆ	17
3	วิธีดำเนินการวิจัย		
	3.1	อุปกรณ์	20
	3.2	ขั้นตอนการทดลอง	21
	3.3	การตรวจสอบความเป็นหมันของข้าว	23
	3.4	การผสมพันธุ์ข้าว	24
	3.5	การปลูกและการดูแลแปลงทดสอบผลผลิต	25
	3.6	การบันทึกลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร..	27
	3.7	การวิเคราะห์ข้อมูล	27
	3.8	สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง	28
4	ผลการวิจัย		
	4.1	การพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันและสายพันธุ์แก้การเป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ	29
	4.2	การทดสอบผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร	38
	4.3	ความดีเด่นของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต	43
	4.4	สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสม	48
5	สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ		
	5.1	สรุปผลการทดลอง	50
	5.2	การอภิปรายผล	51
	5.3	ข้อเสนอแนะ	53

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	60
ประวัติผู้เขียน	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจำแนกประเภทความเป็นหมันจากเปอร์เซ็นต์เรณูเป็นหมันของข้าว ……..	23
2	ลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลลิตและลักษณะทางการเกษตรของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……	40
3	ค่าความดีเด่นของลักษณะผลผลิตของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……...	45
4	สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะผลผลิต ของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……..	49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะเพศผู้เป็นหมันในลูกผสมที่เกิดจากแม่ที่เป็นหมัน ซึ่งควบคุมโดยยีน S กับพ่อที่ไม่เป็นหมัน ซึ่งควบคุมโดยยีน F ในนิวเคลียส …….	12
2	ลักษณะเพศผู้เป็นหมันถูกควบคุมโดยยีน S ในไซโตพลาสซึม ……...	12
3	ขั้นตอนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม (F_1) …….....	16
4	การจำแนกรูปแบบความเป็นหมันของเรณูข้าว ……	24
5	แผนผังขั้นตอนการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม ……..	26
6	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1 ……..	30
7	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/IR46R …….	30
8	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/CK81 ……...	31
9	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR80154A//IR80154B/SPR1 ……...	31
10	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1 ……...	32
11	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R …….	32
12	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 2 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1 …….....	33
13	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 2 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1 ……...	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 2 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R	34
15	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1	35
16	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1	36
17	เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R	36
18	ลักษณะละอองเรณูไม่เป็นหมัน	37
19	ลักษณะละอองเรณูเป็นหมันแท้ 100 เปอร์เซ็นต์	38

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	การติดเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 seed) จำนวน 15 คู่ผสม โดยใช้ไม้เขย่าพื้นที่ 0.8 ตารางเมตร ในฤดูที่ 4 (มกราคม-มิถุนายน 2555)…….....	61
2	ค่าความดีเด่นลักษณะความสูงของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……..	62
3	ค่าความดีเด่นลักษณะจำนวนรวงต่อกอของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……...	63
4	ค่าความดีเด่นลักษณะความยาวรวงของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……...	64
5	ค่าความดีเด่นลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) …….....	65
6	ค่าความดีเด่นลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……	66
7	ค่าความดีเด่นลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555) ……	67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวนับเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของชาวนาหลายสิบล้านคน แต่ละปีประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าว นำรายได้เข้าประเทศ ร่วมแสนล้านบาท โดยไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ของโลก นอกจากนี้ยังมีผู้ส่งออกข้าวรายสำคัญ รองลงมา ได้แก่ เวียดนาม อินเดีย และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (วโรทัย, 2551) และในปัจจุบันการผลิตและการส่งออกข้าวของประทศไทยมีแนวโน้มลดลง จากข้อมูลของสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2556) รายงานว่าในปี 2555 ประเทศไทยส่งออกสินค้าข้าวปริมาณ 6.5 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่า 135,000 ล้านบาท เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งออกในปี 2554 ซึ่งมีการส่งออกข้าวปริมาณ 10.706 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่า 196,117 ล้านบาท การส่งออกข้าวลดลงประมาณ 6.65 เปอร์เซ็นต์ มีสาเหตุเนื่องมาจากพื้นที่การเพาะปลูกข้าวลดลงจากปี 2554 ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูก 80.676 ล้านไร่ แต่ในปี 2555 พื้นที่เพาะปลูก 78.173 ล้านไร่ ลดลง 2.5 ล้านไร่ ส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงเช่นกัน โดยในปี 2554 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ 36.004 ล้านตัน และในปี 2555 ผลิตข้าวได้ 34.593 ล้านตัน ผลิตข้าวลดลง 1.411 ล้านตัน และสาเหตุเนื่องจากนโยบายข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปของประเทศคู่ค้าและประเทศคู่แข่ง เช่น การเพิ่มภาษีนำเข้าข้าว การส่งเสริมการเพาะปลูกข้าวภายในประเทศ การส่งเสริมการส่งออกข้าวคุณภาพสูง เป็นต้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

จากเหตุผลข้างต้น การเพิ่มผลผลิตข้าวต่อพื้นที่เพาะปลูกจึงเป็นวิธีการสำคัญที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตรวมของประเทศได้ และเนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยวิธีการปกติได้ถึงจุดสูงสุด การใช้ข้าวลูกผสมเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต ดังนั้นข้าวลูกผสมจึงเป็นอีกทางเลือกที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค และความต้องการของตลาด (Duwayri *et al*., 2000) ข้าวลูกผสม (hybrid rice) เป็นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้ข้าวพันธุ์ใหม่ ซึ่งแตกต่างจากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวแบบดั้งเดิม (conventional breeding) พันธุ์ข้าวที่ได้เป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 hybrid) ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ข้าวต่างพันธุ์หรือต่างสายพันธุ์ แล้วนำไปปลูกเป็นเชิงการค้าในแปลงขนาดใหญ่ และการใช้พันธุ์ข้าวลูกผสมปลูก จะต้องเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ใหม่ทุกๆฤดูปลูก (Virmani, 1981) เทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสมเป็นการนำเอาหลักของความแข็งแรง หรือความดีเด่นของลูกผสม (hybrid vigor หรือ heterosis) มาใช้ประโยชน์ (Shull, 1952) แต่

ข้าวเป็นพืชผสมตัวเองอย่างสูง (strictly self-pollination) ดังนั้นโอกาสที่จะผสมข้ามจึงมีน้อย จำเป็นต้องอาศัยวิธีการทำให้พันธุ์ข้าวที่จะใช้เป็นต้นแม่มีละอองเกสรตัวผู้ หรือเรณูเป็นหมันก่อนแล้วนำมาผสมกับพันธุ์หรือสายพันธุ์ข้าวปกติที่มียีนแก้ความเป็นหมัน และมีความเหมาะสมกัน เมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 seed) ที่ได้ เมื่อนำไปปลูกจะมีความดีเด่นในด้านผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวปกติ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นประเทศแรกที่ประสบผลสำเร็จในการใช้เทคโนโลยีข้าวลูกผสม ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกข้าวลูกผสมในเชิงการค้ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของประเทศ หรือมีพื้นที่ปลูกข้าวลูกผสมประมาณ 93.75 ล้านไร่ และมีประเทศอื่นๆ ที่สามารถปลูกข้าวลูกผสมในเชิงการค้าได้ ในระยะต่อมา คือ อินเดีย (Mandal, 1982) เวียดนาม (Luat *et al*., 1985) บังคลาเทศ (Hossain and Eunus, 1978) และฟิลิปปินส์ (IRRI, 1983b) ตามลำดับ

วิธีการผสมกลับ (backcross method) เป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชเพียงวิธีเดียว ที่สามารถคาดคะเนผลที่จะได้รับ และสามารถดำเนินการผสมกลับซ้ำหลายๆ ครั้งได้ นับเป็นวิธีการถ่ายทอดลักษณะดีจากพันธุ์หนึ่งไปยังอีกพันธุ์หนึ่งอย่างได้ผล และนิยมใช้ในพืชทั้งพวกที่ผสมตัวเองและพวกผสมข้าม (Eiguchi *et al*, 1993) การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีการผสมกลับนั้น มักใช้ในกรณีที่พันธุ์ดีอยู่แล้ว แต่พันธุ์ดีนั้นยังขาดลักษณะใดลักษณะหนึ่งอยู่ แต่ลักษณะที่ขาดควรเป็นลักษณะเชิงคุณภาพที่ควบคุมด้วยยีนน้อยคู่ สมมติว่าพันธุ์ A เป็นพันธุ์ดี ให้ผลผลิตสูง แต่ไม่ต้านทานโรคชนิดหนึ่ง ส่วนพันธุ์ B มีลักษณะต้านทานโรคนั้น แต่ลักษณะอื่นไม่ดีนัก การปรับปรุงพันธุ์ A ให้ต้านทานโรคทำได้โดยวิธีการผสมกลับโดยผสมพันธุ์ A กับพันธุ์ B ลูกผสมที่ได้ผสมกลับไปยังพันธุ์ A หลายๆ ครั้ง การผสมกลับแต่ละครั้งเลือกเอาเฉพาะต้นที่แสดงลักษณะต้านทานโรคเท่านั้น ในที่สุดก็จะได้พันธุ์ที่มีลักษณะต่างๆกันเหมือนพันธุ์ A และมีลักษณะต้านทานโรคจากพันธุ์ B อยู่ด้วย ในกระบวนการผสมกลับนี้เราอาจเรียกพันธุ์ B ว่า เป็นพันธุ์ให้ (donor parent) และพันธุ์ A เป็นพันธุ์รับ (recurrent parent) (สุทัศน์, 2552)

ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันสายพันธุ์ A (A-line) ของข้าวจากสายพันธุ์ B (B-line) โดยวิธีการผสมกลับ และคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีลักษณะดีนำไปใช้ในการสร้างพันธุ์ข้าวลูกผสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ได้คู่สายพันธุ์เรณูเป็นหมัน (A-line) และสายพันธุ์รักษาเรณูเป็นหมัน (B-line) ที่ดีและเหมาะสมในการผลิตข้าวลูกผสม

1.2.2 ได้คู่ผสมที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

พัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมัน (A-line) และสายพันธุ์รักษาเรณูเป็นหมัน (B-line) ที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ A และศึกษาสมรรถนะการผสมของคู่ผสมเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถสร้างสายพันธุ์ A และสายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แฝด ได้อย่างน้อยจำนวน 3 สายพันธุ์ ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปดี ลูกผสมมีสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวเป็นพืชในสกุล (Genus) Oryza ซึ่งอยู่ในวงศ์ (Family) เดียวกับหญ้า โดยพืชสกุลข้าวมี 2 ชนิด ชนิดข้าวปลูก (cultivated species) และ ชนิดข้าวป่า (wild species) รวม 21 ชนิดและ มีการประมาณว่าทั่วโลกมีข้าวอยู่ประมาณ 120,000 สายพันธุ์ (Khush, 1997) ข้าวมีความสำคัญมากพอๆ กับข้าวสาลี ประชากรกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ปัจจุบันข้าวที่ปลูกบริโภคมีอยู่ 2 ชนิด และมีชุดโครโมโซม AA เหมือนกันคือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* L.) กับข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) ข้าวเอเชียปลูกทั่วไปในเอเชีย อเมริกา ออสเตรเลีย ยุโรป และแอฟริกา ส่วนข้าวแอฟริกามีปลูกเฉพาะทางด้านตะวันตกของทวีปแอฟริกาเท่านั้น ปัจจุบันผลผลิตของข้าวเปลือกที่ผลิตได้ทั่วโลกปีละมากกว่า 550 ล้านตัน ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนผลิตได้มากที่สุด ประเทศไทย ประเทศเวียดนาม และสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่ส่งข้าวออกขายมาก (ประพาส, 2547)

ในปี พ.ศ. 2507 ศาสตราจารย์ Yuan Longping ได้ค้นพบลักษณะเพศผู้เป็นหมันอันเกิดจากการกลายพันธุ์ในข้าว indica แต่ยังไม่สามารถหาสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันได้ จนกระทั่งปีพ.ศ. 2513 มีการค้นพบลักษณะเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนในไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterile หรือ CMS) ในประชากรข้าวป่า *Oryza rufipogon* และพบสายพันธุ์ที่ใช้แก้ความเป็นหมันได้ ทำให้เกิดการพัฒนาข้าวสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนในไซโตพลาสซึมสายพันธุ์แรกในปี พ.ศ. 2516 และมีการนำมาใช้เป็นสายพันธุ์แม่สำหรับการผลิตข้าวลูกผสม ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของลูกผสมของข้าวในทางการค้าเป็นครั้งแรก โดยข้าวลูกผสมจะให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวสายพันธุ์แท้ที่ใช้อยู่ทั่วไป 10-20% (Cheng *et al*., 2004)

ประเทศไทยเริ่มวิจัยเรื่องข้าวลูกผสมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2522 ในระยะแรกเป็นการนำข้าวลูกผสมจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนมาปลูกศึกษาแต่พบว่าข้าวลูกผสมดังกล่าวให้ผลผลิตไม่สูงกว่าข้าวพันธุ์ดีของไทย ในระยะต่อมาได้มีความร่วมมือกับสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) พร้อมกับการจัดตั้งโครงการวิจัยข้าวลูกผสมขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสายพันธุ์ข้าวสำหรับใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของการทำนาในประเทศไทย และให้ได้ผลผลิตมากกว่า 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ หรือให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวพันธุ์ดีทั่วๆ ไป ประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ และตั้งเป้าการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ 200-350 กิโลกรัมต่อไร่ คัดเลือกข้าวลูกผสมที่เหมาะสมพร้อมเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์และการผลิตข้าวลูกผสมสำหรับส่งเสริมให้แก่

เกษตรกรในเขตชลประทานใช้เป็นพันธุ์ปลูกต่อไปโดยดำเนินงานวิจัยข้าวลูกผสมในระบบ 3 สายพันธุ์ (สุชาติ, 2543)

พงศ์ศักดิ์ (2538) ศึกษาสมรรถนะการผสมของข้าวฟ่างสายพันธุ์ A ซึ่งได้จากการพัฒนาสายพันธุ์โดยวิธีการผสมกลับหลังจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R โดยใช้ตัวทดสอบที่แตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ การรวมละอองเรณูของสายพันธุ์ R จำนวน 2 สายพันธุ์ และจำนวน 5 สายพันธุ์ กับการใช้พันธุ์ KU 439 พบว่าการใช้พันธุ์ทดสอบทั้ง 3 กลุ่ม ซึ่งมีฐานพันธุกรรมที่แตกต่างกันจะมีจำนวนสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมสูงที่เป็นสายพันธุ์เดียวกัน ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังนั้นตัวทดสอบที่ดีที่สุดควรเป็นสายพันธุ์ R ที่จะนำมาสร้างลูกผสมโดยตรงกับสายพันธุ์ A ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

การปรับปรุงพันธุ์พืชผสมตัวเองโดยวิธีการผสมพันธุ์ (The improvement of self-fertilized crops by hybridization) (Elliot, 1958) กล่าวว่าการผสมพันธุ์จะเป็นแนวทางที่ทำให้ได้ยีนชุดใหม่ (recombination) ที่ให้ผลในธรรมชาติ ตามปกติพืชที่ผสมตัวเองจะเกิดการผสมข้ามพันธุ์น้อยและจะเป็นประโยชน์ถ้าได้คัดเลือกต้นที่มีลักษณะผันแปรไปที่มียีนชุดใหม่เกิดขึ้นอย่างอิสระ นักปรับปรุงพันธุ์พืชจะต้องพิจารณาการใช้การผสมพันธุ์เป็นเครื่องมือในการเร่งหรือปรับปรุงขบวนการตามธรรมชาติในการพัฒนาพันธุ์ใหม่เพื่อใช้ในเฉพาะเรื่อง ในสถานการณ์นี้นักปรับปรุงพันธุ์จะต้องค้นหายีนชุดใหม่ที่มีคุณค่าดีเด่นในสภาพสิ่งแวดล้อมที่ค่อนข้างจำกัด ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะเหล่านี้ก็ยากที่จะมีชีวิตรอดในธรรมชาติ พันธุ์พ่อแม่ (parent) โดยทั่วไปจะเป็นพันธุ์แท้ (homozygous line) จะถูกคัดเลือกในพวกที่มีลักษณะพิเศษในการนำมาผสมคู่ต่างๆ ซึ่งตรงกันข้ามกับโอกาสที่จะเกิดการผสมพันธุ์ในธรรมชาติ เหตุผลที่ใช้การผสมพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์คือ ถ้าโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ที่ทำอยู่ไม่มีพันธุ์ดีที่ต้องการหรือแม้แต่พันธุ์ที่นำเข้ามา นักปรับปรุงพันธุ์จะสร้างยีนชุดใหม่โดยรวมลักษณะดีจากพ่อแม่โดยการผสมพันธุ์ลักษณะที่สำคัญเหล่านี้ เช่น ความต้านทานต่อโรคคุณภาพ ความสามารถในการให้ผลผลิต หรือการเปลี่ยนให้เหมาะสมต่อสภาพการปลูกมักเป็นสิ่งที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องเสาะหาที่จะนำมารวมกันเพื่อให้ได้ยีนชุดใหม่ (วรวิทย์, 2546)

2.1 การปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสม

พันธุ์พ่อแม่จะถูกนำมาผสมถ้าพันธุ์พ่อแม่ที่เอามาผสมเป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์ ถึงแม้ว่าต้น F_1 จะเป็น heterozygous อย่างสูง มันจะมีชนิดของหน่วยพันธุกรรม (genotypes) ที่เหมือนกัน การกระจายตัวในทางพันธุกรรมจะเริ่มในชั่ว F_2 และยีนที่เป็น heterozygosity จะลดลงครึ่งหนึ่งทุกๆ ชั่วที่ผสมตัวเอง

จำนวน F_1 ที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับพืชและขนาดของต้นลูก F_2 ที่ต้องการให้ต้นที่ดีเกิดขึ้นตามปกติประชากร F_2 ที่มากจะเริ่มจาก 1,000 ถึง 10,000 ต้น (ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความคล้ายกัน (similarity) ของพันธุ์พ่อแม่และจำนวนลักษณะของพ่อแม่แต่ละต้นที่นักปรับปรุงพันธุ์พืชต้องการจะเอามารวมกันในต้นลูก) จะเป็นที่ต้องการที่จะทำให้มีการกระจายตัวของหน่วยพันธุกรรมอย่างกว้างขวางในที่สุด หลังจากการกระจายตัวได้สิ้นสุดลงจะต้องจำแนกต้นที่รวมลักษณะของพ่อแม่ที่ดีที่สุดออกมา

ข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง มีการผสมข้ามตามธรรมชาติน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ในการผลิตข้าวลูกผสมจึงทำได้ยาก ต้องอาศัยต้นแม่ที่มีเกสรตัวผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึม (cms) และมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการผสมข้ามได้ดี เพื่อให้ได้เมล็ดชั่วแรกจำนวนมาก ข้าวลูกผสม (hybrid rice) คือ ข้าวชั่วที่หนึ่งที่ได้จากการผสมพันธุ์ข้าวต่างพันธุกรรมกัน เมื่อนำเมล็ดชั่วที่หนึ่งไปปลูกลูกผสมจะแสดงความแข็งแรง การใช้ประโยชน์ในชั่วที่หนึ่งจะได้ผลดีที่สุดเพราะในชั่วต่อๆ ไปจะมีการกระจายตัวของลักษณะต่างๆ การใช้ประโยชน์ของข้าวลูกผสมเป็นการใช้ความดีเด่นและความแข็งแรงของลูกที่ดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อแม่ (สงกรานต์ และคณะ, 2529)

กรมการข้าวได้รับรองพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์แรกของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2554 คือพันธุ์ กขผ1 หรือสายพันธุ์ PTT06001H โดยเป็นลูกผสมระหว่างสายพันธุ์เรณูเป็นหมัน IR79156A ที่มีสายพันธุ์ IR79156B เป็นสายพันธุ์รักษาเรณูเป็นหมัน ซึ่งสำนักวิจัยและพัฒนาข้าวได้รับจากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) กับสายพันธุ์แก้การเป็นหมัน คือ JN29-PTT-43-1-5-5-1-3R สายพันธุ์ PTT06001H เป็นข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ ประกอบด้วยสายพันธุ์เรณูเป็นหมัน (cytoplasmic male sterile; A line) สายพันธุ์รักษาเรณูเป็นหมัน (maintainer; B line) และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (restorer; R line) (Virmani, 1989)

2.2 การผสมกลับ (The backcross)

คือรูปแบบของการนำกลับมาผสมใหม่ โดยเอาลักษณะที่ดีพิเศษไปเพิ่มให้กับพันธุ์ดีที่ต้องการที่มีลักษณะดีต่างๆ (desirable variety) วิธีการผสมกลับค่อนข้างจะทำได้ง่าย โดยการคัดเลือกพันธุ์ข้าวพ่อแม่ 2 พันธุ์ แล้วนำมาผสมกัน พ่อแม่พันธุ์หนึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและปรับตัวเองได้ดี (adapted productive variety) แต่ขาดลักษณะดีพิเศษ (superior characteristic) บางลักษณะซึ่งจะพบได้ในพันธุ์ที่สอง เฉพาะต้นลูกผสมที่มีลักษณะดีพิเศษเท่านั้น จะถูกนำมาใช้ในการผสมกลับ พันธุ์พ่อแม่ที่ปรับตัวเองได้ดีซึ่งมีลักษณะดีพิเศษจะถูกนำไปเพิ่ม (added) ทุกครั้งในการผสมกลับ และเรียกว่าพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้ผสมกลับ (recurrent parent) ส่วนพันธุ์พ่อแม่ที่มีลักษณะดีพิเศษ (superior character)

ที่ไม่ได้ใช้ในการผสมกลับจะถูกเรียกว่า พันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลักษณะดี (donor parent) หรืออีกชื่อว่า พันธุ์พ่อแม่ที่ไม่ใช้ผสมกลับ (nonrecurrent parent) (วรวิทย์, 2546)

การผสมกลับ (Backcrossing) วัตถุประสงค์ของการผสมกลับก็คือการย้าย (transfer) ลักษณะบางลักษณะไปยังพันธุ์ที่ต้องการ (desirable variety) โดยให้กระทบกระเทือนหน่วยพันธุกรรมของพันธุ์ที่ต้องการน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เป็นวิธีใช้กันอย่างแพร่หลายในการพัฒนาสายพันธุ์โดยการถ่ายทอดลักษณะที่ต้องการหนึ่งลักษณะในสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง ด้วยการนำลูกผสมชั่วที่ 1 ที่คัดเลือกไว้ในแต่ละชั่วผสมกลับไปหาพันธุ์พ่อหรือแม่ที่เป็นตัวรับ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะทั่วไปดีอยู่แล้ว เพื่อผสมกลับและคัดเลือกไปหลายๆครั้ง จะได้ลักษณะเหมือนสายพันธุ์ที่เป็นตัวให้ (Donor parent) (Allard, 1999)

การผสมกลับเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพ นอกจากนี้การผสมกลับทำให้สามารถกำหนดเปอร์เซ็นต์ของยีนจากสายพันธุ์ให้ยีนที่ต้องการ (non-recurrent parent) ไปยังสายพันธุ์รับ (recurrent parent) ก่อนการผสมตัวเองเพื่อสกัดอินเบรด การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีผสมกลับอาจทำได้อย่างตรงไปตรงมาตามขั้นตอนมาตรฐานหรืออาจซับซ้อน ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการถ่ายทอดลักษณะ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ใช้ นอกจากนั้นการสร้างสายพันธุ์อินเบรด ทั้งสายพันธุ์ปกติและสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน วิธีการพัฒนาสายพันธุ์ A เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมทำได้โดยการนำสายพันธุ์ B ที่ได้รับการปรับปรุงมาดีแล้ว กับสายพันธุ์พันธุ์ A เพื่อถ่ายทอดไซโตพลาสซึมที่เป็นหมันให้แก่สายพันธุ์ B แล้วนำลูกที่ได้ผสมกลับไปยังสายพันธุ์ A ประมาณ 6 ครั้งหรือมากกว่านั้น ผลสุดท้ายจะได้สายพันธุ์ A ที่มีลักษณะเหมือนสายพันธุ์ B ยกเว้นลักษณะเป็นหมันของเพศผู้ (กฤษฎา, 2544)

2.3 ความดีเด่นของลูกผสม

ลูกผสม (hybrid) คือ ลูกชั่วแรก (F_1) ที่ได้มาจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์อินเบรด 2 สายพันธุ์ ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี ลูกผสมจะแสดงความแข็งแรงในการเจริญเติบโต ความสามารถในการให้ผลผลิต ความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและลักษณะอื่นๆ ที่ดีกว่าพ่อและแม่ สามารถคำนวณหาความดีเด่นของลูกผสมได้ ดังนี้

$$\text{Heterosis (ความดีเด่นของลูกผสมเหนือกว่าพ่อ แม่)} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสม } F_1 - \text{ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่}}{\text{ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่}} \times 100$$

$$\text{Heterobeltiosis} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสม } F_1 \text{ - พันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด}}{\text{พันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด}} \times 100$$

(ความดีเด่นของลูกผสมเหนือพ่อแม่ที่ดีกว่า)

$$\text{Standard heterosis} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสม } F_1 - \text{พันธุ์มาตรฐาน}}{\text{พันธุ์มาตรฐาน}} \times 100$$

(ความดีเด่นของลูกผสมเหนือพันธุ์มาตรฐาน)

ในการพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมจึงนิยมใช้ Heterobeltiosis และ Standard heterosis วัดค่าความดีเด่นของลูกผสมในการแสดงออกต่างๆ

ความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ที่ได้มาโดยการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีฐานพันธุกรรมที่แตกต่างกันหรือไม่มีความสัมพันธุ์ทางสายเลือด จะแสดงความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อแม่หรือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เช่น ความแข็งแรงของการเจริญเติบโต ความสามารถในการให้ผลผลิต คุณภาพเมล็ด ความต้านทานต่อโรคและแมลง ความต้านทานต่อสภาพวิกฤติ (stress resistance) การปรับตัวและลักษณะอื่นๆ ที่ดีกว่าสายพันธุ์พ่อแม่หรือสายพันธุ์เปรียบเทียบ และได้มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางในโอกาสต่อมา (Coors and Pandey, 1994; Beal, 1880)

ข้าวลูกผสม หมายถึง เมล็ดข้าวชั่วที่ 1 ที่ได้จากการผสมพันธุ์ข้าวต่างพันธุกรรมกัน (สงกรานต์, 2545) ซึ่งนำพ่อแม่ที่มีความแตกต่างกันมาผสมกัน ลูกผสมชั่วที่ 1 จะมีความแข็งแรงหรือความดีเด่นในลักษณะบางอย่าง เช่น อาจเป็นความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยพ่อแม่ หรือเหนือกว่าพ่อแม่ที่ดีกว่า (วาสนา, 2545)

สุภาพร และสุทัศน์ (2548) ได้ศึกษาความดีเด่นในข้าวลูกผสม โดยใช้สายพันธุ์ A จำนวน 4 สายพันธุ์ ผสมกับสายพันธุ์ R จำนวน 16 สายพันธุ์ และนำเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 ไปปลูกทดสอบโดยใช้พันธุ์สุพรรณบุรี 1 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน พบว่าความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะผลผลิตมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ -47.27 ถึง 64.31 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 10.48 ส่วนลักษณะอื่นๆที่แสดงความดีเด่นของลูกผสม ได้แก่ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1000 เมล็ด ให้ค่าความดีเด่นของลูกผสมเฉลี่ยร้อยละ 3.62, 9.94 และ 1.76 ตามลำดับ

Khan *et al.* (1998) รายงานว่าผลผลิตที่สูงขึ้นของลูกผสมชั่วที่ 1 จากคู่ผสมระหว่างข้าว japonica และ indica เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนต้นต่อกอ และพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้น รวมถึงการเคลื่อนย้ายอาหารที่สะสมไว้ไปยังเมล็ดที่มากขึ้นด้วย

Peng *et al*. (1988) รายงานว่าข้าวลูกผสมจำนวน 75 คู่ จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันกับสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันเนื่องจากยีนในไซโตพลาสซึมชนิด WA มีความดีเด่นในลักษณะผลผลิตเหนือค่าเฉลี่ยพ่อแม่ (midparent heterosis) ร้อยละ -44.6 ถึง 156.7 โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.7 และมีลูกผสมจำนวนอีก 31 คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยพ่อแม่ และมีลูกผสมเพียงคู่เดียวเท่านั้นที่ให้ผลผลิตต่ำกว่าค่าเฉลี่ยพ่อแม่

Nuruzzaman *et al.* (2002) และ Alam *et al.* (2001) ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะต่างๆ เช่น ความสูงต้น อายุวันออกดอก อายุวันสุกแก่ จำนวนรวงต่อกอ และผลผลิต พบว่า โดยรวมแล้วลูกผสมมีลักษณะทั่วไปดีกว่าสายพันธุ์พ่อแม่อย่างชัดเจน และแสดงค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยพ่อแม่ เหนือพ่อแม่ที่ดีกว่า และเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ ในเกือบทุกลักษณะ โดย Alam *et al*. (2001) รายงานว่าคู่ผสมที่ดีที่สุดแสดงความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ในลักษณะผลผลิตถึงร้อยละ 209.82

ความดีเด่นของลูกผสมสามารถแสดงออกในทางบวก (positive heterosis) และในทางลบ (negative heterosis) ลักษณะที่มีต้องการที่มีความดีเด่นในทางลบ เช่น ลักษณะความสูง และความสมบูรณ์พันธุ์ของดอก บางครั้งลูกผสมก็ไม่ได้แสดงความดีเด่นในลักษณะที่ต้องการเสมอไป เช่น ในคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ IR69616A กับ 60001 ให้ลูกสมที่มีความดีเด่นในทางลบเกือบทุกลักษณะ โดยลักษณะผลผลิตมีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดีกว่า ต่ำถึงร้อยละ -34.29 ตรงกันข้ามกับลูกผสมจากคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ IR69616A กับ Basmati 385 กลับมีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่ดีกว่าในลักษณะผลผลิตสูงถึงร้อยละ 41.83 (Faiz *et al*., 2006)

2.4 การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสม

การแสดงออกของสายพันธุ์พ่อแม่ไม่สามารถบอกลักษณะของลูกผสมที่ได้ว่าจะมีลักษณะที่ดีหรือไม่ดี ดังนั้นจึงมีการทดสอบสมรรถนะการผสม (combining ability) ของสายพันธุ์พ่อแม่ การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่โดยการทดสอบสมรรถนะการผสมทำให้เพิ่มโอกาสที่จะได้ลูกผสมที่ดี การทดสอบสมรรถนะการผสมเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้คัดเลือกสายพันธุ์ A ซึ่งสมรรถนะการผสมเป็นค่าที่บอกคุณสมบัติของสายพันธุ์ในการผลิตลูกผสม (Sprague and Tatum, 1942) สมรรถนะการผสมแบ่งออกได้ 2 รูปแบบ คือ สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability หรือ GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability หรือ SCA) (Saidaiah *et al*., 2010) การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ที่ใช้กันโดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ การใช้สายพันธุ์ทดสอบ (tester) การผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) และการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) การใช้สาย

พันธุ์ทดสอบคือ การนำสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบผสมข้ามกับสายพันธุ์ทดสอบ อาจใช้สายพันธุ์ทดสอบหนึ่งสายพันธุ์ หรือมากกว่าก็ได้ เหมาะสำหรับใช้ทดสอบสายพันธุ์จำนวนมากๆ สำหรับวิธีการผสมแบบพบกันหมด และการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่มเป็นวิธีทดสอบที่มีประสิทธิภาพ แต่เป็นวิธีที่ค่อนข้างสิ้นเปลือง ไม่เหมาะกับการทดสอบสายพันธุ์จำนวนมากๆ เพราะการเพิ่มจำนวนสายพันธุ์ที่มากเพื่อทำการทดสอบจะทำให้ค่าเฉลี่ยของคู่ผสมที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน (กฤษฎา, 2551)

สุภาพร และสุทัศน์ (2548) ศึกษาสมรรถนะการผสมของข้าวลูกผสมในระบบสามสายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์แม่ที่ให้สมรรถนะการผสมทั่วไปสูง ได้แก่ สายพันธุ์ RD21A-23 และ IR62829A สายพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง ได้แก่ สายพันธุ์ กข11 กข7 และสายพันธุ์ IR58110-144-2-2-2R ดังนั้น ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะในลักษณะผลผลิตของลูกผสมไม่แตกต่างทางสถิติ

การทดสอบสมรรถนะการผสมของข้าว ในลักษณะของผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากยีนแบบผลบวก และยีนแบบไม่เป็นผลบวก โดยยีนแบบไม่เป็นผลบวกมีอิทธิพลสูงกว่าอิทธิพลจากยีนผลบวกเกือบทุกลักษณะ ทำให้การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีบันทึกประวัติอาจขาดประสิทธิภาพ หากการเปรียบเทียบกับการปรับปรุงประชากรที่มีการทดสอบสมรรถนะการผสม (Vanaja *et al*., 2003; Malini *et al*., 2006)

2.5 ลักษณะความเป็นหมันของเรณูเพศผู้

ความเป็นหมันของเรณูเพศผู้ (male sterile) คือ สภาวะที่การพัฒนาของละอองเรณูผิดปกติจนไม่สามารถทำหน้าที่ได้ โดยสามารถพบได้ในธรรมชาติ และเกิดได้หลายรูปแบบ เช่น ชนิดที่ไม่สร้างละอองเรณู หรือสร้างละอองเรณูที่มีลักษณะผิดปกติจนไม่สามารถทำงานได้ หรือชนิดที่เรณูเพศผู้ไม่พัฒนา และชนิดที่มีละอองเรณูปกติ แต่อับละอองเรณูไม่แตก อย่างไรก็ตาม สาเหตุการเป็นหมันของละอองเรณูเหล่านี้ ล้วนเกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรม หรือการผ่าเหล่าของยีน ซึ่งอาจเป็นยีนในนิวเคลียส หรือยีนในไมโทคอนเดรียก็ได้ (Ivanov and Dymshits, 2007)

ลักษณะเพศผู้เป็นหมัน (male sterility) เป็นลักษณะที่ไม่ค่อยปรากฏให้เห็นในสภาพธรรมชาติ แต่มีการพบลักษณะนี้และนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพันธุ์ลูกผสมในพืชปลูกหลายชนิด โดยลักษณะเพศผู้เป็นหมันที่พบมีหลายรูปแบบ คือ พวกที่ไม่สร้างละอองเรณู (pollen sterility) พวกที่ละอองเรณูเพศผู้ไม่พัฒนาหรือพัฒนาผิดปกติ (staminal sterility) และพวกที่ละอองปกติแต่อับละอองเรณูไม่เปิด (structural sterility) (Briggs and Knowlees, 1970) ซึ่งลักษณะเพศผู้เป็นหมันมีประโยชน์

ต่อการผสมข้ามในพืชผสมตัวเอง เพราะไม่ต้องทำลายเรณูเพศผู้ของต้นแม่ด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้สามารถผลิตลูกผสมได้ปริมาณมากๆ ลักษณะพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันมี 2 แบบ คือ เพศผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส และเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึม (Briggs and Knowles, 1967)

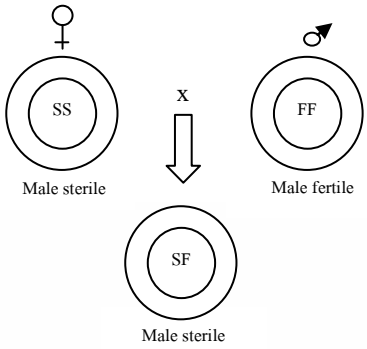
พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันที่ใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมเพื่อปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันจัดเป็นแบบ cms (cytoplasmic male sterility) ซึ่งลักษณะเพศผู้เป็นหมันนี้ถูกควบคุมโดยปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างยีนในนิวเคลียสและไซโตพลาสซึม (Yao *et al*., 1997; Kaul, 1988)

2.6 พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันเพื่อการผลิตข้าวลูกผสม

มีความต้องการใช้ประโยชน์จาก heterosis เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว เนื่องจากผลผลิตที่ได้จากพันธุ์แท้ได้ถึงจุดสูงสุดหรือถึงเพดานผลผลิตตามศักยภาพของพันธุ์เหล่านั้นแล้ว จึงได้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาข้าวลูกผสมที่ได้จากการผสมข้าวพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์แท้สองสายพันธุ์และแสดง heterosis ในทางบวกเกี่ยวกับผลผลิต แต่พบความยุ่งยากในการผสมข้ามตามธรรมชาติเพื่อผลิตเมล็ดข้าวลูกผสมเนื่องจากข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ก่อนที่ดอกจะบานเพื่อรับการผสมข้ามตามธรรมชาติ จึงต้องป้องกันการผสมตัวเอง (self-pollination) โดยการกำจัดเกสรตัวผู้ (emasculation) ซึ่งวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือการใช้ลักษณะเพศผู้เป็นหมัน (male sterility) ที่มียีนควบคุมและถ่ายทอดได้ทางกรรมพันธุ์มาใช้เพื่อการพัฒนาสายพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม

ลักษณะเพศผู้เป็นหมัน (male sterility) หมายถึงสภาวะที่ละลองเกสรตัวผู้ (pollen grain) ไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถพัฒนาและงอกเพื่อผสมพันธุ์และปฏิสนธิ (fertilization) ได้เหมือนดังสภาพปกติ ลักษณะเพศผู้เป็นหมัน (male sterility) นี้ถ่ายทอดได้โดยกรรมพันธุ์ มียีนควบคุมอยู่ในทั้ง nucleus และ cytoplasm โดนทั่วไปเกิดขึ้นตามธรรมชาติ 4 แบบ และชักนำให้เกิดเพศผู้เป็นหมันโดยใช้สารเคมีได้อีก 1 แบบ ดังต่อไปนี้

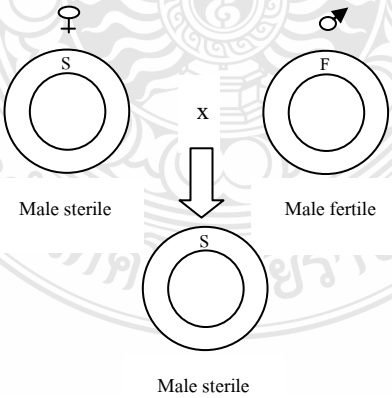
2.6.1 Genetic male sterility (GMS) เป็นลักษณะเพศผู้เป็นหมันที่มียีนควบคุมอยู่ในนิวเคลียส ส่วนใหญ่เป็นยีนด้อย (recessive gene) จำนวนน้อยคู่ แสดงเป็นภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 1 ลักษณะเพศผู้เป็นหมันในลูกผสมที่เกิดจากแม่ที่เป็นหมัน ซึ่งควบคุมโดยยีน S กับพ่อที่ไม่เป็นหมัน ซึ่งควบคุมโดยยีน F ในนิวเคลียส

กฤษฎา (2551) กล่าวว่าลักษณะเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนแฝงเพียง 1 ตำแหน่ง เป็นลักษณะการเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส โดยยีนที่ควบคุมลักษณะการเป็นหมันของเพศผู้อาจมีหลายตัวในพืชแต่ละชนิด อาจเป็นยีนในชุดเดียวกัน (multiple alleles) หรือยีนคนละตำแหน่ง และยีนแต่ละตัวจะแสดงออกได้ไม่เท่ากัน และมีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการผสมตัวเองบ้างในระดับที่ต่างกัน ยีนที่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและให้ลักษณะเพศผู้เป็นหมันได้ 100 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จึงมีคุณค่าต่อการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์

2.6.2 Cytoplasmic male sterility (CMS) เป็นลักษณะเพศผู้เป็นหมันที่มียีนควบคุมอยู่ในไซโตพลาสซึม ลักษณะเพศผู้เป็นหมันในลูกผสมที่เกิดจากพันธุ์แม่เป็นหมันซึ่งลักษณะเพศผู้เป็นหมันถูกควบคุมโดยยีน S อยู่ในไซโตพลาสซึม ส่วนพันธุ์พ่อมีไซโตพลาสซึมปกติ ลูกผสมที่เกิดขึ้นได้ไซโตพลาสซึมจากแม่ จึงมียีนเป็นหมัน S มาด้วยจึงแสดงลักษณะเพศผู้เป็นหมัน หรืออธิบายได้ว่าลักษณะเพศผู้เป็นหมันถ่ายทอดไปสู่ลูกได้ผ่านทางไซโตพลาสซึมของแม่ ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้แบบนี้พบในพืชชั้นสูงกว่า 300 สกุล (Ivanov and Dymshits, 2007)



ภาพที่ 2 ลักษณะเพศผู้เป็นหมันถูกควบคุมโดยยีน S ในไซโตพลาสซึม

2.6.3 Cytoplasmic-genetic male sterility (CGMS) เป็นลักษณะเพศผู้เป็นหมันที่ควบคุมโดยปฏิสัมพันธ์ของยีนหรือแฟคเตอร์ที่ควบคุมลักษณะเพศผู้เป็นหมัน (male sterility-controlling factor) ซึ่งอยู่ในไซโตพลาสซึมและยีนแก้การเป็นหมัน (fertility-restoring gene) ในนิวเคลียส

2.6.4 Environment-sensitive genic male sterility (EGMS) เป็นลักษณะเพศผู้เป็นหมันที่ควบคุมโดยปฏิสัมพันธ์ (interaction) ของยีนหรือแฟคเตอร์ ซึ่งอยู่ในไซโตพลาสซึมและยีนควบคุมการเป็นหมันซึ่งเป็นยีนหลักในนิวเคลียสคล้ายกับ CGMS แต่ไม่จำเป็นต้องมียีนแก้ความเป็นหมัน (restoring gene) การแสดงออกของการเป็นหมันถูกควบคุมโดยยีนซึ่งอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ และความยาวของช่วงแสง ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีรายงานว่ามีปัจจัยร่วมที่ควบคุมลักษณะการเป็นหมันอยู่บน RNA ของไซโตพลาสซึม และควบคุมการผลิตเอนไซม์ที่จะใช้ย่อยสลาย spindle fiber ในกระบวนแบ่งเซลล์สืบพันธุ์แบบไมโอซิสทำให้การแบ่งเซลล์ในระยะ tetrad ของละอองเรณูไม่สมบูรณ์เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเกินจุดวิกฤติละอองเรณูจึงฝ่อหรือไม่แข็งแรงเพียงพอที่งอกไปผสมพันธุ์ได้ EGMS จึงแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

2.6.4.1 Thermo-sensitive genic male sterility (TGMS) ลักษณะการเป็นหมันถูกควบคุมโดยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น จะเป็นหมันเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส แต่จะไม่เป็นหมันและผสมตัวเองขยายพันธุ์ได้ตามปกติเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 27 องศาเซลเซียส

2.6.4.2 Photo-sensitive genic male sterility (PGMS) เป็นลักษณะการเป็นหมันถูกควบคุมโดยความยาวของช่วงแสงที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น จะเป็นหมันเมื่อความยาวของช่วงแสงยาวกว่า 14 ชั่วโมงต่อวัน แต่จะไม่เป็นหมันและผสมตัวเองขยายพันธุ์ได้ตามปกติเมื่อความยาวของช่วงแสงสั้นลง

2.6.4.3 Photo/Thermo-sensitive genic male sterility (P/TGMS) ลักษณะการเป็นหมันถูกควบคุมโดยปฏิสัมพันธ์ของความยาวของช่วงแสง และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น จะเป็นหมันเมื่อความยาวของช่วงแสงยาวกว่า 14 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส แต่จะไม่เป็นหมันและผสมตัวเองขยายพันธุ์ได้ตามปกติเมื่อความยาวของช่วงแสงสั้นลงและอุณหภูมิต่ำลง

2.6.5 Chemical induced male sterility ลักษณะการเป็นหมันถูกชักนำให้เกิดขึ้นโดยการใช้สารเคมีประเภท Chemical hybridizing agents (CHAs) เช่น ethrel (ethyl 4’ fluoro oxanilate) หรือ sodium methyl arsenate ฉีดพ่นลงบนต้นแม่ก่อนการผสมข้ามกับต้นพ่อในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม

2.7 การจำแนกสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันในข้าว

สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึมในข้าวสามารถจำแนกได้เป็น 3 แบบ (Yuan *et al*., 2003; Shaoquing *et al*., 2007) ดังนี้

2.7.1 สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ WA type สายพันธุ์ชนิดนี้ได้พัฒนาขึ้นโดยการผสมกลับ โดยใช้ข้าวป่าที่มีเพศผู้เป็นหมันเป็นสายพันธุ์แม่กับข้าว indica ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นเป็นสายพันธุ์พ่อ ลักษณะเพศผู้เป็นหมันชนิดนี้ควบคุมด้วยยีนแฝง 2 คู่ อยู่ในนิวเคลียส และไซโตพลาสซึม สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด WA type มีละอองเรณูผิดปกติแบบ typical abortive type กล่าวคือ ละอองเรณูมีรูปร่างผิดปกติ เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปกระสวย และอื่นๆ เมื่อย้อมด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (I_2-KI) ละอองเรณูจะไม่ติดสี ละอองเรณูที่ผิดปกติจะเกิดขึ้นในระยะที่มี 1 นิวเคลียส เรียกว่า uninucleate abortive type

2.7.2 สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ Hong-Lien type สายพันธุ์ชนิดนี้ได้มาจากการผสมกลับของข้าวป่าที่มีหางสีแดงและมีละอองเรณูเป็นหมันเป็นสายพันธุ์แม่ กับข้าว indica ต้นสูงเป็นสายพันธุ์พ่อ ลักษณะเพศผู้เป็นหมันชนิดนี้ควบคุมด้วยยีนแฝง 1 คู่ อยู่ในนิวเคลียส และไซโตพลาสซึม สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด Hong-Lien type มีละอองเรณูผิดปกติแบบ spherical abortive type กล่าวคือ ละอองเรณูมีรูปร่างกลม แต่เมื่อย้อมด้วยสารละลาย I_2-KI ละอองเรณูจะไม่ติดสี หรือติดสีจาง ละอองเรณูที่ผิดปกติจะเกิดขึ้นในระยะที่มี 2 นิวเคลียส เรียกว่า binucleate abortive type

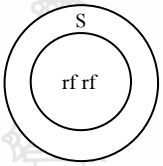
2.7.3 สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ BT type สายพันธุ์ชนิดนี้ได้มาจากการผสมกลับของข้าวพันธุ์ Taichung 65 เป็นสายพันธุ์แม่ กับพันธุ์ Li- ming และ Feng-Jin ซึ่งได้ถ่ายทอดมาจาก BT-C และสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าว sinica เป็นสายพันธุ์พ่อ ลักษณะเพศผู้เป็นหมันชนิดนี้ควบคุมด้วยยีนแฝง 1 คู่ อยู่ในนิวเคลียสและไซโตพลาสซึม สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด BT type มีละอองเรณูผิดปกติแบบ stained abortive type กล่าวคือ ละอองเรณูมีรูปร่างกลมและเล็กกว่าปกติ แต่เมื่อย้อมด้วยสารละลาย I_2-KI ละอองเรณูจะติดสีบางส่วน ละอองเรณูที่ผิดปกติจะเกิดขึ้นในระยะที่มี 3 นิวเคลียส เรียกว่า trinucleate abortive type

2.8 การใช้ลักษณะเพศผู้เป็นหมันในระบบการผลิตข้าวลูกผสม

ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมหรือในระบบการผลิตข้าวลูกผสมจะใช้ลักษณะเรณูเป็นหมันเพื่อควบคุมการผสมข้าว โดยใช้ลักษณะเพศผู้เป็นหมันแบบ cytoplasmic-genetic male sterility ทั้งในระบบการผลิตข้าวลูกผสมแบบ 3 สายพันธุ์ (3-lines system) และระบบ 2 สายพันธุ์ (2-lines system) ซึ่งระบบการผลิตข้าวลูกผสมทั้ง 2 ระบบ อธิบายได้ดังต่อไปนี้ (Yuan *et al*., 2003)

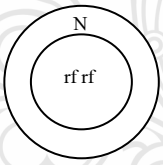
2.8.1 การผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์นี้ มีสายพันธุ์แท้ (inbred line) ที่เกี่ยวข้องในระบบอยู่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่

2.8.1.1 สายพันธุ์ A (A-line) เป็นสายพันธุ์ที่มีเรณูตัวผู้หรือเพศผู้เป็นหมัน ลักษณะเพศผู้เป็นหมันถูกควบคุมโดยยีนที่อยู่ในไซโตพลาสซึม และมียีนแก้ความเป็นหมันในนิวเคลียสเป็นยีนด้อย (recessive allele) จึงเรียกเป็น cms-line (cytoplasmic male sterile line) หรือ สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน ใช้เป็นพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม



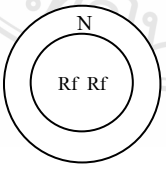
A-line (cytoplasmic male sterile line)

2.8.1.2 สายพันธุ์ B (B-line) เป็นสายพันธุ์ที่มีนิวเคลียสเหมือนสายพันธุ์ A เกือบทุกอย่างแต่มีไซโตพลาสซึมแบบปกติ (Normal = N) จึงไม่เป็นหมันและผสมตัวเอง ขยายพันธุ์ได้ตามปกติ ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อในการขยายพันธุ์และรักษาพันธุ์ A-line จึงเรียกสายพันธุ์ B ว่า สายพันธุ์รักษาพันธุ์เรณูเป็นหมัน (maintainer)

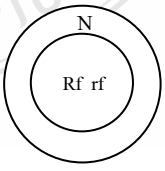


B-line (maintainer)

2.8.1.3 สายพันธุ์ R (R-line) เป็นสายพันธุ์ที่มีไซโตพลาสซึมปกติ และมียีนแก้ความเป็นหมัน (male sterility restoring gene) เป็น homozygous dominant allele หรือ heterozygous allele อยู่ในนิวเคลียสจึงผสมตัวเองและขยายพันธุ์ได้ตามปกติ ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม ซึ่งเมื่อนำสายพันธุ์ R ไปผสมพันธุ์กับสายพันธุ์ A แล้วจะได้ลูกผสมที่ไม่เป็นหมัน เนื่องจากลูกผสมได้ยีนแก้ความเป็นหมันจากพ่อและแสดงลักษณะข่ม (dominance) ต่อการเป็นหมันทั้งใน nucleus และใน cytoplasm จึงเรียกสายพันธุ์ R ว่าเป็น สายพันธุ์แก้การเป็นหมัน (Restorer)

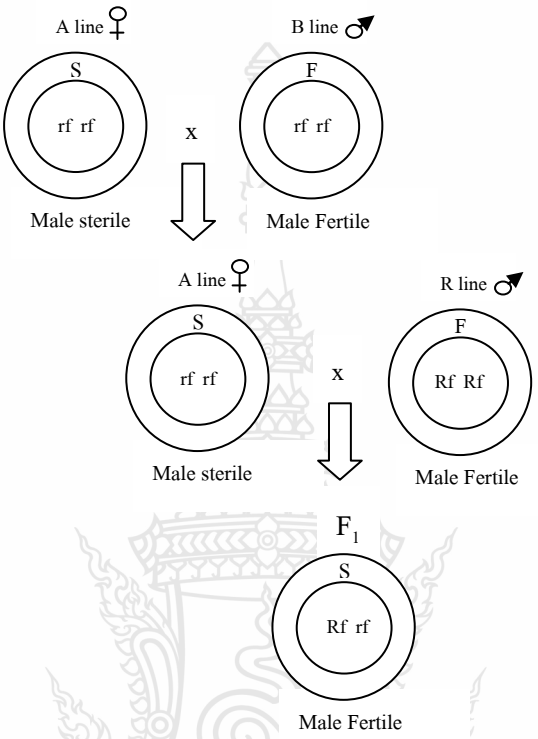


R-line (Restorer)



R-line (Restorer)

เมื่อนำสายพันธุ์ R ไปผสมกับสายพันธุ์ A จึงให้ลูกผสมที่ไม่เป็นหมัน เนื่องจากลูกผสมได้ยีนแก้การเป็นหมันมาจากสายพันธุ์พ่อ



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม (F_1)

บังอร และคณะ (2548) รายงานว่าการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันโดยวิธีผสมกลับ ใช้สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันจากต่างประเทศเป็นพันธุ์ให้ (donor parent) และข้าวสายพันธุ์ดีของไทยเป็นพันธุ์รับ (recurrent parent) หลังจากการผสมกลับไปแล้ว 7 ชั่ว พบว่าสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันใหม่ที่เป็นสายพันธุ์ข้าวของไทย 2 สายพันธุ์ มีเพศผู้เป็นหมัน 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับสายพันธุ์ที่เป็นพันธุ์ให้ แต่มีลักษณะทางการเกษตรเหมือนสายพันธุ์ที่เป็นพันธุ์รับ

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันจากสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน โดยวิธีการผสมกลับหรือการย้ายนิวเคลียส (nucleus substitution method) นั้น ความสามารถในการรักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันใหม่จะเริ่มคงที่หลังจากการผสมกลับ 5-6 ครั้ง และการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันกับสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันอื่นๆ ก่อนการผสมกลับ จะช่วยเพิ่มความหลากหลายของยีนรักษาความเป็นหมันได้ (Xu and Xue, 2002)

2.8.2 การผลิตข้าวลูกผสมระบบ 2 สายพันธุ์ ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบ 2 สายพันธุ์ นี้มีสายพันธุ์แท้ (inbred line) ที่เกี่ยวข้องในระบบอยู่ 2 สายพันธุ์ ได้แก่

2.8.2.1 สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน เป็นสายพันธุ์ที่มีการควบคุมเป็นหมับแบบ EGMS ใช้เป็นพันธุ์แม่โดยสามารถใช้ได้ทั้ง TGMS, PGMS และ P/TGMS โดยการขยายพันธุ์ของสายพันธุ์แม่ในสภาพแวดล้อมปกติแต่นำมาผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมในสภาพแวดล้อมวิกฤติที่ทำให้สายพันธุ์นี้เป็นหมัน

2.8.2.2 สายพันธุ์ดีเด่นที่ให้ผลผลิตสูง เป็นสายพันธุ์ดีหรือพันธุ์มาตรฐานในท้องถิ่นที่มีผลผลิตสูงและลักษณะทางการเกษตรดีอยู่แล้ว ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม

การพัฒนาข้าวลูกผสมในประเทศไทยใช้ระบบ 3 สายพันธุ์ เนื่องจากประเทศไทยไม่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการผลิตข้าวลูกผสมแบบ 2 สายพันธุ์ได้ เช่น อุณหภูมิ และความยาวช่วงแสง เฉลี่ยทั้งประเทศที่ไม่มีความแตกต่างกันมากพอในการรักษาความเป็นหมันหรือขยายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน ขณะเดียวกันยังไม่มีสภาพที่เหมาะสมที่จะทำให้สายพันธุ์แม่แสดงความเป็นหมันในการผลิตข้าวลูกผสมอีกด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยังขาดแหล่งพันธุกรรมความเป็นหมันแบบ EGMS ซึ่งคงต้องพัฒนาต่อไป

2.9 การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันโดยใช้วิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) ขั้นตอนการทำงานทั่วๆ ไปคือ การพัฒนาสายพันธุ์ B ขึ้นมาก่อนซึ่งใช้เวลาประมาณ 7-8 ชั่ว จากนั้นนำสายพันธุ์ B ที่ได้มาผสมกับสายพันธุ์ A เพื่อถ่ายทอดลักษณะความเป็นหมันให้กับสายพันธุ์ B แล้วผสมกลับไปหาสายพันธุ์ B ใหม่ประมาณ 6 ครั้ง ได้สายพันธุ์ A และ B ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝด (isogenic line) จากนั้นนำสายพันธุ์ A มาทดสอบสมรรถนะการผสมเพื่อนำไปพัฒนาลูกผสมต่อไป จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานปกติใช้เวลาประมาณ 15-20 ชั่ว (กฤษฎา, 2530) ดังนั้นในการทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการผสมกลับเพื่อพัฒนาสายพันธุ์ A และ B ไปพร้อมๆ กัน จะช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลงได้มากกว่าวิธีปกติ (วาสนา, 2549)

สุภาวิณี (2548) พัฒนาสายพันธุ์ A ของข้าวโดยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R ได้ลูกชั่วที่ 1 และ 2 แล้วนำลูกชั่วที่ 2 ที่คัดเลือกได้ผสมกลับกับสายพันธุ์ A ได้ลูกผสมกลับ BC_1 แล้วจำแนกลูกชั่วที่ 2 ออกเป็นสายพันธุ์ B และสายพันธุ์ R จากนั้นปลูกลูกชั่วที่ 3 ของสายพันธุ์ B

ผสมกลับกับสายพันธุ์ A′ ที่เป็นคู่กัน ได้สายพันธุ์ A″ แล้วปลูกลูกชั่วที่ 4 ของสายพันธุ์ B เพื่อทดสอบผลผลิต พบว่า มีลูกผสมทดสอบจำนวน 25 คู่ผสม และสายพันธุ์ B ชั่วที่ 4 จำนวน 17 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์เปรียบเทียบ นอกจากนี้สายพันธุ์ A ใหม่ยังมีรวงโผล่พ้นกาบใบธงดีกว่าสายพันธุ์ A เดิม และมีลักษณะดอกที่เหมาะสำหรับการรับละอองเรณูตัวผู้

ทะนงสิน (2550) พัฒนาสายพันธุ์ A ของข้าวโพด โดยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R ได้ลูกชั่วที่ 1 และ 2 แล้วนำลูกชั่วที่ 2 ที่คัดเลือกได้ ผสมกลับกับสายพันธุ์ A ได้ลูกผสมกลับ BC_1 แล้วจำแนกลูกชั่วที่ 2 ออกเป็นสายพันธุ์ B และสายพันธุ์ R จากนั้นปลูกลูกชั่วที่ 3 ของสายพันธุ์ B ผสมกลับกับสายพันธุ์ A_1 ที่เป็นคู่กัน ได้สายพันธุ์ A_2 แล้วปลูกลูกชั่วที่ 4 ของสายพันธุ์ B เพื่อทดสอบผลผลิต พบว่า จากการทดสอบผลผลิตของลูก topcross สามารถคัดเลือกได้สายพันธุ์ A และ B ที่เป็นคู่แฝดกัน ให้ผลผลิตสูง ความสูงฝัก อายุวันออกดอกและเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกัน และสายพันธุ์ A ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีความต้านทานโรคดีกว่าสายพันธุ์ A เดิม

พัฒนศักดิ์ (2553) ปรับปรุงสายพันธุ์ A ของข้าวโดยการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ B แบบพบกันหมด ได้ลูกชั่วที่ 1 นำลูกชั่วที่ 1 ผสมกับสายพันธุ์ A ได้สายพันธุ์ A′ ใหม่ ขณะเดียวกันให้ลูกชั่วที่ 1 ผสมตัวเองได้ลูกชั่วที่ 2 นำลูกชั่วที่ 2 ผสมกลับกับสายพันธุ์ A′ ได้สายพันธุ์ A″ ให้ลูกชั่วที่ 2 ผสมตัวเองได้ลูกชั่วที่ 3 นำลูกชั่วที่ 3 ผสมกลับกับสายพันธุ์ A″ ได้สายพันธุ์ A‴ ที่เป็นคู่แฝดกัน ทดสอบสมรรถนะการผสมโดยการทดสอบผลผลิตของลูก topcross พบว่าการคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีพิจารณาจากลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงจะมีประสิทธิภาพกว่าการคัดเลือกจากผลผลิตของสายพันธุ์ B เพียงอย่างเดียว เพราะสายพันธุ์ A ที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูงอาจไม่มีสมรรถนะการผสมที่ดีกับสายพันธุ์พ่อที่ให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงก็เป็นได้

บังอร (2555) พัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันโดยวิธีการผสมกลับ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีของไทยให้เป็นสายพันธุ์เรณูเป็นหมันใหม่ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ทำการผสมกลับประมาณ 6-7 ชั่ว โดยใช้สายพันธุ์เรณูเป็นหมันของต่างประเทศเป็นตัวให้ (donor parent) และข้าวสายพันธุ์ดีของไทยเป็นตัวรับ (recurrent parent) หลังจากผสมกลับแล้ว 7 ชั่ว พบสายพันธุ์ข้าวเรณูเป็นหมันใหม่ที่เป็นสายพันธุ์ของไทย จำนวน 2 สายพันธุ์ มีลักษณะเรณูเป็นหมัน 100 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะทางการเกษตรเหมือนกับข้าวพันธุ์ดีที่เป็นตัวรับ มีเปอร์เซ็นต์ของการโผล่พ้นคอรวงที่สูงทำให้จำนวนดอกที่จะรับการถ่ายละอองเรณูมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดมีมากขึ้น

ปพิชญา (2554) พัฒนาสายพันธุ์พ่อแม่ของข้าวลูกผสมแบบ 3 สายพันธุ์ โดยการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ B และสายพันธุ์ R นำลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมกลับไปยังสายพันธุ์ A จำนวน 2 ครั้ง

ทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A″ โดยการทดสอบผลผลิตของลูก topcross ขณะเดียวกันก็ทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ B และสายพันธุ์ R พบว่าสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ A และสายพันธุ์ B พิจารณาจากสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A และผลผลิตของสายพันธุ์ B ร่วมกัน จะถูกต้องมากกว่าผลผลิตของสายพันธุ์ B เพียงอย่างเดียว เนื่องจากสายพันธุ์ A ที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูงอาจไม่มีสมรรถนะการผสมที่ดีกับสายพันธุ์ทดสอบที่เลือกใช้เป็นสายพันธุ์พ่อ ดังนั้นวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ เป็นวิธีที่สามารถใช้พัฒนาสายพันธุ์ A, B และ R ไปพร้อมๆ กันได้และสายพันธุ์ทั้งสามสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมต่อไป

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จึงได้พัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันใหม่ของข้าว โดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ใหม่ไปพร้อมๆ กันตั้งแต่ในชั่วแรกๆ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันและสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันได้พร้อมๆ กัน ในการคัดเลือกและผสมกลับเพียงไม่กี่ชั่ว และยังสามารถแยกความแตกต่างในสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ต่างๆ ได้ตั้งแต่ในชั่วแรกๆ ดังนั้นจึงได้นำวิธีดังกล่าวมาใช้ในการทดลองครั้งนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 พันธุ์และสายพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1.1 สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) จำนวน 3 สายพันธุ์ และสายพันธุ์รักษาการเป็นหมัน (สายพันธุ์ B) จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ IR79156A (WA), IR79156B, IR80154A (Gambiaca), IR80154B, IR80156A(Kalinga) และ IR80156B

3.1.1.2 สายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (สายพันธุ์ R) ที่ใช้ผสมกับสายพันธุ์ B จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 1 (CNT1), สุพรรณบุรี 1 (SPR1), IR46R, JN29-PTT-43-1-5-5-1-3-1R (CK81) และ JN29-PTT-29-11-1-B-12-5-5R (CK120)

3.1.1.3 สายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ 1 BC_1A' และลูกผสมชั่วที่ 3 ที่เป็นสายพันธุ์ B จำนวน 15 คู่ผสม ได้แก่

IR79156A//IR79156B/SPR1, IR79156A//IR79156B/CNT1, IR79156A//IR79156B/IR46R, IR79156A//IR79156B/CK81, IR79156A//IR79156B/CK120, IR80154A//IR80154B/SPR1, IR80154A//IR80154B/CNT1, IR80154A//IR80154B/IR46R, IR80154A//IR80154B/CK81, IR80154A//IR80154B/CK120, IR80156A//IR80156B/SPR1, IR80156A//IR80156B/CNT1, IR80156A//IR80156B/IR46R, IR80156A//IR80156B/CK81 และ IR80156A//IR80156B/CK120

3.1.1.4 สายพันธุ์ A ที่สร้างขึ้นใหม่ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ PTT08001A, PTT08002A และ PTT08003A ผสมกับสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ กข 31 (RD31) สุพรรณบุรี1(SPR1) JN29-PTT-43-1-5-5-1-3-1R (CK81) JN29-PTT-29-11-1-B-12-5-5R (CK120) และ JN29-PTT-43-1-5-1-3-1-1R (CK168) ได้เมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม ได้แก่ PTT08001A/RD31, PTT08001A/SPR1, PTT08001A/CK81, PTT08001A/ CK120, PTT08001A/CK168, PTT08002A/RD31, PTT08002A/SPR1, PTT08002A/CK81, PTT08002A/CK120, PTT08002A/CK168, PTT08003A/RD31, PTT08003A/SPR1, PTT08003A/CK81, PTT08003A/CK120 และ PTT08003A/CK168

3.1.1.5 สายพันธุ์ที่ใช้เปรียบเทียบ ได้แก่ กขผ1 (RDH1) ปทุมธานี 1 (PTT1) และพิษณุโลก 2(PSL2)

3.1.1.6 สายพันธุ์ข้าวลูกผสมที่ปลูกเป็นการค้าของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จำนวน 5 สายพันธุ์ได้แก่ HSO-1, HSO-17, HSLY-26, HS98 และ HS99-5

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปลูกข้าว ดูแลรักษาและเก็บเกี่ยวข้าว ได้แก่ กระถางและดินสำหรับปลูกข้าว ปุ๋ย สารป้องกันกำจัดศัตรูข้าว สารควบคุมวัชพืช เคียวเกี่ยวข้าว ถุงผ้าหรือถุงตาข่ายสำหรับเก็บเกี่ยวข้าว

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับผสมพันธุ์ข้าว ได้แก่ กรรไกร ซองแก้ว (glassine bag) ไม้ไผ่ เทอร์โมมิเตอร์ เชือกป่าน กระติกน้ำร้อน ปากกาเคมี

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล ได้แก่ ไม้วัดความสูง เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดความชื้น

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

จากงานวิจัยของ ปพิชญา (2554) ได้นำสายพันธุ์ B จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ IR79156B, IR80154B และ IR80156B ผสมกับสายพันธุ์ R จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ SPR1, CNT1, IR46R, CK81 และ CK120 โดยใช้สายพันธุ์ B เป็นแม่และผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่มได้ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) นำลูกผสมชั่วที่ 1 ไปผสมกับสายพันธุ์ A จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ IR79156A, IR80154A และ IR80156A ได้เมล็ดลูกผสม F_1(A) สำหรับสร้างสายพันธุ์คู่แฝด (isogenic line) ของสายพันธุ์ A กับสายพันธุ์ B ขณะเดียวกันต้นลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมตัวเองได้เมล็ดลูกผสมชั่วที่ 2 คัดเลือกต้น F_1(A) ที่มีเรณูเป็นหมันไว้เป็นสายพันธุ์แม่ และนำละอองเรณูของลูกชั่วที่ 2 ที่คัดเลือกไว้มาผสมแบบต้นต่อต้น ได้เมล็ดลูกผสมกลับ BC_1A' และให้ต้นลูกชั่วที่ 2 ผสมตัวเองได้เมล็ดลูกชั่วที่ 3 (ภาพที่ 4)

การทดลองที่ 1 การพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันและสายพันธุ์แก้การเป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ

ฤดูที่ 1 การผสมกลับครั้งที่ 1 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 3 ที่เป็นสายพันธุ์ B

ฤดูนาปี 2553 (กรกฎาคม – ธันวาคม) ได้นำเมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 1 BC_1A' (สายพันธุ์ A) และเมล็ดลูกชั่วที่ 3 (ที่ทดสอบแล้วว่าเป็นสายพันธุ์ B) จำนวน 15 คู่ผสม ปลูกสายพันธุ์ BC_1A' และลูกชั่วที่ 3 ในกระถาง สายพันธุ์ละ 4 กระถาง กระถางละ 4 ต้น ในระยะออกดอกตรวจสอบความเป็นหมันของละอองเรณูของต้น BC_1A' ทุกต้น โดยการย้อมสีด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (I_2-

KI) ตามวิธีการของ Virmani *et al.*(1981) คัดเลือกต้นที่มีเรณูเป็นหมันสมบูรณ์ (completely sterile) ผสมระหว่างลูกชั่วที่ 3 ผสมกลับกับ BC_1A' แบบต้นต่อต้น ได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 2 BC_2A'' และในขณะเดียวกันก็ให้ลูกชั่วที่ 3 ผสมตัวเองได้เมล็ดชั่วที่ 4 (F_4)

ฤดูที่ 2 การผสมกลับครั้งที่ 2 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 4

ฤดูนาปรัง 2554 (มกราคม – มิถุนายน) ปลูกเมล็ดชั่วที่ 4 และเมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 2 BC_2A'' คัดเลือกต้นที่เป็นหมันสมบูรณ์ มีการบานของดอกพร้อมกัน รวงโผล่พ้นกาบใบธงดี ระยะเวลาการบานของดอกนาน การบานของกลีบดอกกว้าง และนำละอองเรณูที่คัดเลือกไว้มาผสมกลับกับสายพันธุ์ BC_2A'' แบบต้นต่อต้น ได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 3 BC_3A''' และในขณะเดียวกันก็ให้ลูกชั่วที่ 4 ผสมตัวเองได้เมล็ดชั่วที่ 5 (F_5)

ฤดูที่ 3 การผสมกลับครั้งที่ 3 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 5

ฤดูนาปี 2554 (กรกฎาคม – ธันวาคม) ปลูกเมล็ดชั่วที่ 5 และเมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 3 BC_3A''' คัดเลือกต้นที่ดีที่เป็นหมันสมบูรณ์และนำละอองเรณูที่คัดเลือกไว้มาผสมกลับกับสายพันธุ์ BC_3A''' ที่เตรียมไว้แบบต้นต่อต้นได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 4 BC_4A'''' และในขณะเดียวกันก็ให้ลูกชั่วที่ 5 ผสมตัวเองได้เมล็ดชั่วที่ 6 (F_6) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ B ที่มีความคงตัวทางพันธุกรรม

ฤดูที่ 4 การผสมกลับครั้งที่ 4 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 6 และการสร้างลูกผสมเพื่อใช้ทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ชั่วที่ 4 BC_4A''''

ฤดูนาปรัง 2555 (มกราคม - มิถุนายน) ปลูกเมล็ดชั่วที่ 6 และเมล็ดลูกผสมกลับ BC_4A'''' คัดเลือกต้นที่ดีที่เป็นหมันสมบูรณ์และนำละอองเรณูที่คัดเลือกไว้มาผสมกลับกับสายพันธุ์ BC_4A'''' แบบต้นต่อต้น ได้เมล็ดลูกผสมกลับ BC_5A''''' ขณะเดียวกันคัดเลือกสายพันธุ์เรณูเป็นหมัน BC_4A'''' ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ PTT08001A, PTT08002A และ PTT08003A ผสมกับสายพันธุ์แก้การเป็นหมัน จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ RD31, SPR1, CK81, CK120 และ CK168 ได้เป็นลูกผสมชั่วที่ 1(F_1) จำนวน 15 คู่ผสม เพื่อนำไปปลูกศึกษาสมรรถนะการผสม

การทดลองที่ 2 การทดสอบสมรรถนะการผสม

ฤดูที่ 5 การทดสอบสมรรถนะการผสม

ฤดูนาปี 2555 (กรกฎาคม – ธันวาคม) ปลูกเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม สายพันธุ์ B จำนวน 3 สายพันธุ์ สายพันธุ์ R จำนวน 5 สายพันธุ์ สายพันธุ์

เปรียบเทียบ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ RDH1, PTT1 และPSL2 และข้าวลูกผสมที่นำมาจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จำนวน 5 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ปักดำสายพันธุ์ละ 6 แถว ยาว 5 เมตร ระยะ 20 x 20 ซม. จำนวน 1 ต้น/กอ บันทึกข้อมูล ผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตร

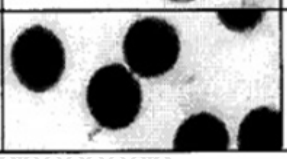
3.3 การตรวจสอบความเป็นหมันของข้าว

เก็บดอกข้าวจากรวงที่เริ่มโผล่ของทุกต้น ต้นละ 15-20 ดอก ตรวจสอบความเป็นหมันโดยหยดสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (I_2-KI) บนแผ่นสไลด์ใช้ปากคีบ(forcep) คีบอับเรณูจากดอกอย่างน้อย 5 ดอก บดจนละอองเรณูออกมา ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ตรวจดูจำนวนและคำนวณเปอร์เซ็นต์เรณูเป็นหมันโดยมีเกณฑ์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทความเป็นหมันจากเปอร์เซ็นต์เรณูเป็นหมันของข้าว

เปอร์เซ็นต์เรณูเป็นหมัน	ประเภท(category)
100	หมันสมบูรณ์ (completely sterile-CS)
91-99	หมัน (sterile-S)
71-90	หมันบางส่วน (partially sterile-PS)
31-70	ปกติบางส่วน (partially fertile-PF)
21-30	ปกติ (fertile-F)
0-20	ปกติอย่างสมบูรณ์ (fully fertile-FF)

ที่มา; Virmani *et al*. (1997)

Category	Appearance	Classification
Unstained withered sterile (UWS)		Sterile
Unstained spherical sterile (USS)		Sterile
Stained round (light) sterile (SRS)		Sterile
Stained round fertile (SRF)		Fertile

ที่มา; Virmani *et al*. (1997)

ภาพที่ 4 การจำแนกรูปแบบความเป็นหมันของเรณูข้าว

3.4 การผสมพันธุ์ข้าว

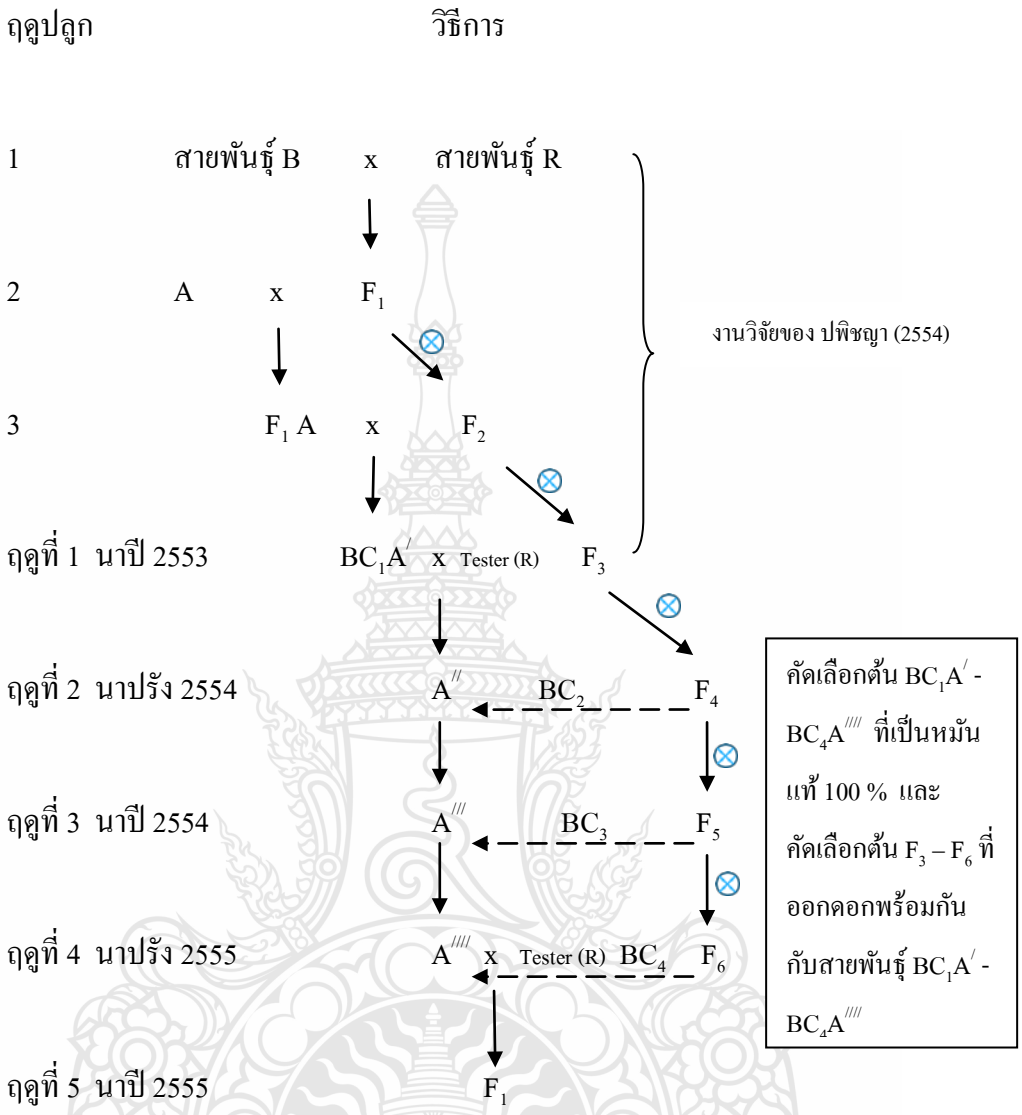
การผสมพันธุ์โดยวิธีการ hand crossing เตรียมรวงข้าวของสายพันธุ์แม่ในตอนเช้าของวันก่อนผสมพันธุ์ 1 วัน โดยคัดเลือกกอข้าวสายพันธุ์เรณูเป็นหมันที่ได้ตรวจสอบแล้วจากกล้องจุลทรรศน์ว่ามีลักษณะเรณูเป็นหมัน 100 เปอร์เซ็นต์ การเตรียมรวงสำหรับผสมพันธุ์โดยเลือกรวงที่โผล่พ้นกาบใบธงประมาณ 1 ส่วน 3 ของความยาวรวง ตัดดอกที่บานแล้ว และดอกอ่อนที่ยังไม่บานทิ้ง ใช้กรรไกรตัดดอกข้าวที่คัดเลือกไว้ประมาณ 1 ส่วน 3 ของดอก (การตัดดอกข้าวเพื่อให้สะดวกในการผสมพันธุ์และช่วยให้การผสมติดมากขึ้น) แล้วคลุมรวงข้าวด้วยซองแก้ว รอไว้สำหรับการผสมพันธุ์ในวันรุ่งขึ้น

การผสมพันธุ์จะทำการผสมในเวลา 09.00-12.00 น. หรืออาจจะช้ากว่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพอากาศในวันที่ผสม โดยเก็บรวงข้าวสายพันธุ์ดีที่จะใช้เป็นพันธุ์พ่อ คัดเลือกรวงที่ดอกแรกเริ่มบานมาเตรียมไว้โดยการแช่โคนรวงไว้ในน้ำรอการผสม เมื่อดอกข้าวบานก็ทำการผสม หลังการผสมเขียนป้ายชื่อคู่ผสม (combination) วันที่ผสม คล้องรวงและคลุมด้วยซองแก้วไว้เช่นเดิม หลังการผสม 25 ถึง 30 วัน เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ชั่วที่ 1 เพื่อนำไปปลูกทดสอบในฤดูต่อไป

3.5 การปลูกและการดูแลแปลงทดสอบผลผลิต

การเตรียมดินโดยการไถดะ คือการไถพลิกหน้าดินครั้งแรกเพื่อกำจัดวัชพืช และตากดินให้แห้ง 1 ครั้ง ไถแปร คือ การไถครั้งที่สองโดยไถขวางแนวไถดะ เพื่อย่อยดินและคลุกเคล้าฟาง วัชพืช ฯลฯ ลงไปในดิน 1 ครั้ง และทำเทือก คือ การคราดหรือใช้ลูกทุบเพื่อการกำจัดวัชพืช ตลอดจนการทำให้ดินแตกตัวพร้อมที่จะปักดำได้ ปักดำต้นกล้าอายุ 22 วัน ระยะปักดำ 20 x 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 หรือการใส่ปุ๋ยรองพื้น สูตร 16-20-0 หลังปักดำ 1 วัน อัตรา 20-35 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าที่ระยะกำเนิดช่อดอก หรือ 30 วันก่อนข้าวออกดอก ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำฉีดพ่นสารซูมิไธออน อัตรา 20 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันกำจัดปู สารไบลุสไซค์ 70 ดับบิวพี อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันกำจัดหอยเชอรี่ และสารไดโนทีฟูเรน 10 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม ได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จ.ปทุมธานี มีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 5 แผนผังขั้นตอนการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม

3.6 การบันทึกลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

บันทึกลักษณะทางการเกษตรและลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสมดังนี้

3.6.1 อายุวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ นับจำนวนวันตั้งแต่ตกกล้าถึงวันที่ต้นข้าวออกดอก (ดอกโพล่พ้นคอรวง) ครึ่งหนึ่งในแต่ละแปลงย่อย

3.6.2 ผลผลิต เก็บเกี่ยวเมล็ดของต้นข้าวใน 2 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อย ชั่งน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดเป็นกรัมและปรับเป็นกิโลกรัมต่อไร่ ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

3.6.3 ความสูงต้น วัดจากพื้นดินถึงปรายรวงก่อนเก็บเกี่ยวข้าวจำนวน 5 ต้นในแต่ละแปลงย่อย เฉลี่ยเป็นเซนติเมตร

3.6.4 จำนวนรวงต่อกอ โดยนับจำนวนรวง (Panicle) ของต้นข้าวจำนวน 10 กอ ในแต่ละแปลงย่อย เฉลี่ยเป็นจำนวนรวงต่อกอ

3.6.5 ความยาวรวง วัดความยาวรวงของต้นข้าว จำนวน 10 รวงในแต่ละแปลงย่อย เฉลี่ยเซนติเมตร

3.6.6 จำนวนเมล็ดดี นับจำนวนเมล็ดดี จำนวน 10 รวง ในแต่ละแปลงย่อย เฉลี่ยเป็นเมล็ดดีต่อรวง

3.6.7 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดดี}}{\text{จำนวนเมล็ดดี + จำนวนเมล็ดลีบ}} \times 100$$

3.6.8 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยสุ่มเมล็ดจากแต่ละต้น จำนวน 1,000 เมล็ด แล้วชั่งน้ำหนักเป็นกรัม

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การประเมินค่าความดีเด่นของข้าวลูกผสม ตามวิธีของ Yuan *et al*. (2003)

3.7.1.1 ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่ (mid-parent heterosis)

$$\text{Mid-parent heterosis (\%)} = \frac{F_1 - \text{Mid parent}}{\text{Mid parent}} \times 100$$

3.7.1.2 ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis)

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

3.7.1.3 ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterrosis)

$$\text{Standard heterosis (\%)} = \frac{F_1 - \text{Check variety}}{\text{Check variety}} x \ 100$$

3.7.2 การวิเคราะห์สมรรถนะการผสม (combining ability) โดยประเมินค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) และสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ North Carolina Design II (Comstock *et al*, 1949)

3.7.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ นำผลการทดสอบผลผลิตของลูกผสมจากฤดูที่ 5 มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT for Windows version 3/93

3.8 สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง	:	ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ถนนรังสิต – นครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
เริ่มทำการทดลอง	:	เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553
สิ้นสุดการทดลอง	:	เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555
รวมระยะเวลาทำการทดลอง	:	2 ปี

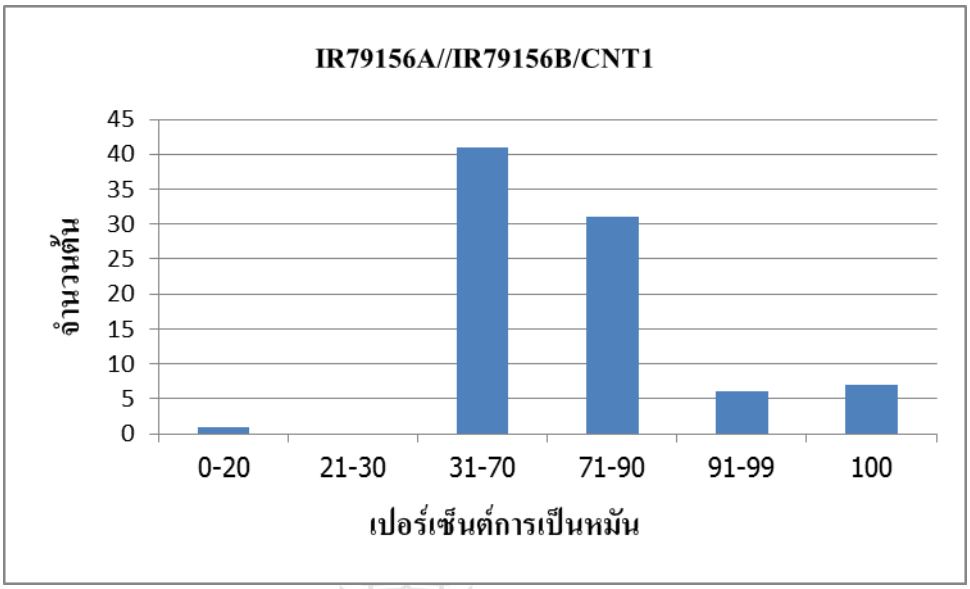
บทที่ 4

ผลการวิจัย

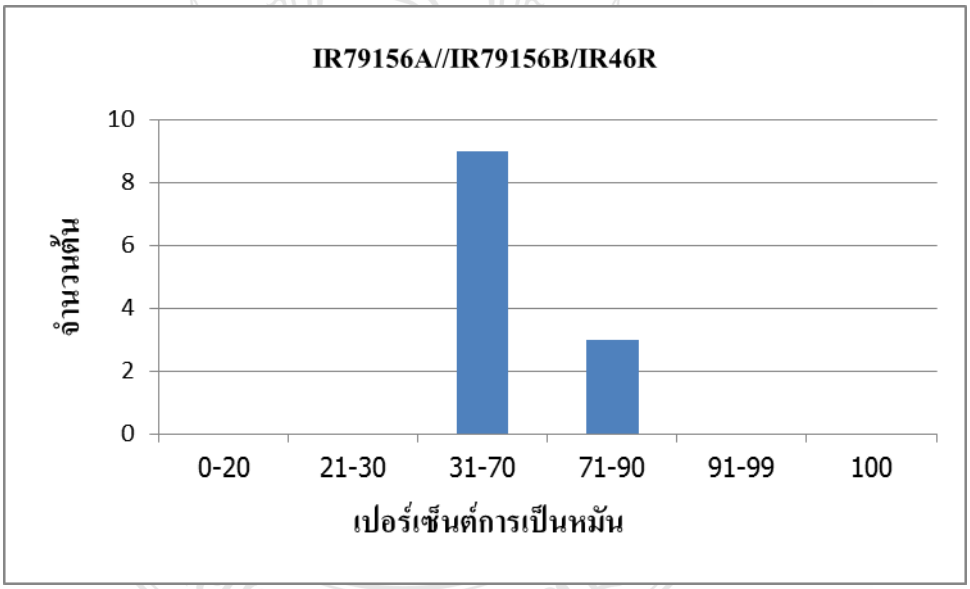
การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม เป็นการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) และสายพันธุ์รักษาเรณูเป็นหมัน (สายพันธุ์ B) ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดไปพร้อมๆ กัน ส่วนการคัดเลือกสายพันธุ์ A จะพิจารณาจากผลการทดสอบผลผลิตของลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ A ใหม่ กับพันธุ์ทดสอบ (tester) คือพันธุ์ RD31, SPR1, CK81, CK120 และ CK168 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แก้การเป็นหมัน (สายพันธุ์ R)

4.1 การพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันและสายพันธุ์แก้การเป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ

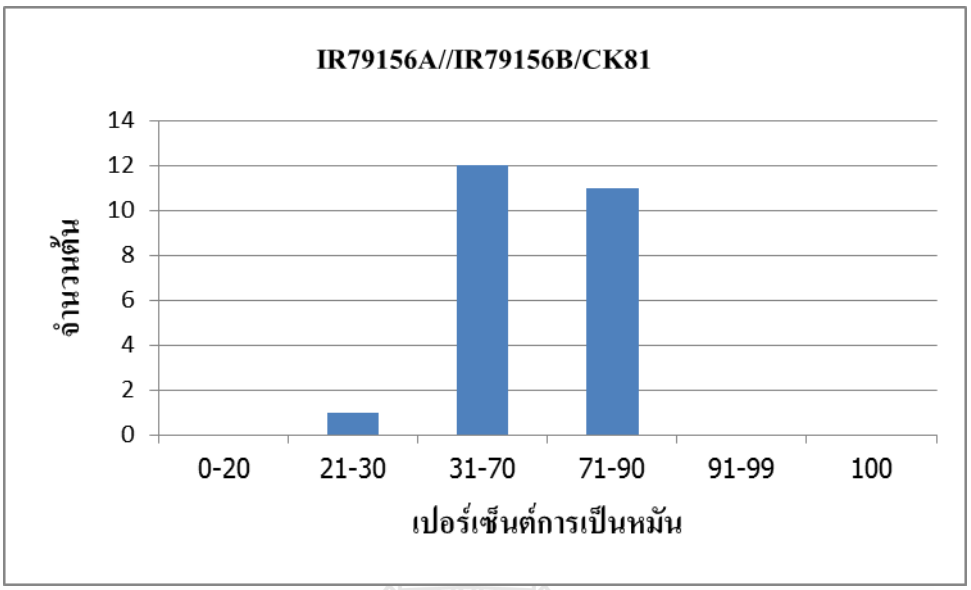
การผสมกลับครั้งที่ 1 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 3 ที่เป็นสายพันธุ์ B ในฤดูนาปี 2553 (กรกฎาคม – ธันวาคม) จากการตรวจสอบความเป็นหมันของเรณูข้าวโดยการย้อมละอองเรณูด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (I_2-KI) ของต้นลูกผสมกลับชั่วที่ 1 (BC_1A') จำนวน 15 คู่ผสม พบว่าต้นที่มีเรณูเป็นหมัน จำนวน 6 คู่ผสม ได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 2 (BC_2A'') จำนวน 46 คู่สายพันธุ์ ได้แก่ คู่ผสมระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1 ได้ 9 คู่สายพันธุ์ปลูกจำนวน 86 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 7 ต้น คิดเป็นร้อยละ 8.1 (ภาพที่ 6) คู่ผสมระหว่าง IR79156A//IR79156B/IR46R ได้ 1 คู่สายพันธุ์ปลูกจำนวน 12 ต้น ไม่พบต้นเป็นหมัน (ภาพที่ 7) คู่ผสม IR79156A//IR79156B/CK81 ได้ 2 คู่สายพันธุ์ปลูกจำนวน 24 ต้น ไม่พบต้นเป็นหมัน (ภาพที่ 8) คู่ผสมระหว่าง IR80154A//IR80154B/SPR1 ได้ 6 คู่สายพันธุ์ปลูกจำนวน 46 ต้น ไม่พบต้นเป็นหมัน (ภาพที่ 9) คู่ผสมระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1 ได้ 14 คู่สายพันธุ์ปลูกจำนวน 133 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 83 ต้นคิดเป็น 62.4 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 10) และคู่ผสม IR80156A//IR80156B/IR46R ได้ 14 คู่สายพันธุ์ปลูกจำนวน 138 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 51 ต้นคิดเป็น 36.9 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 11)



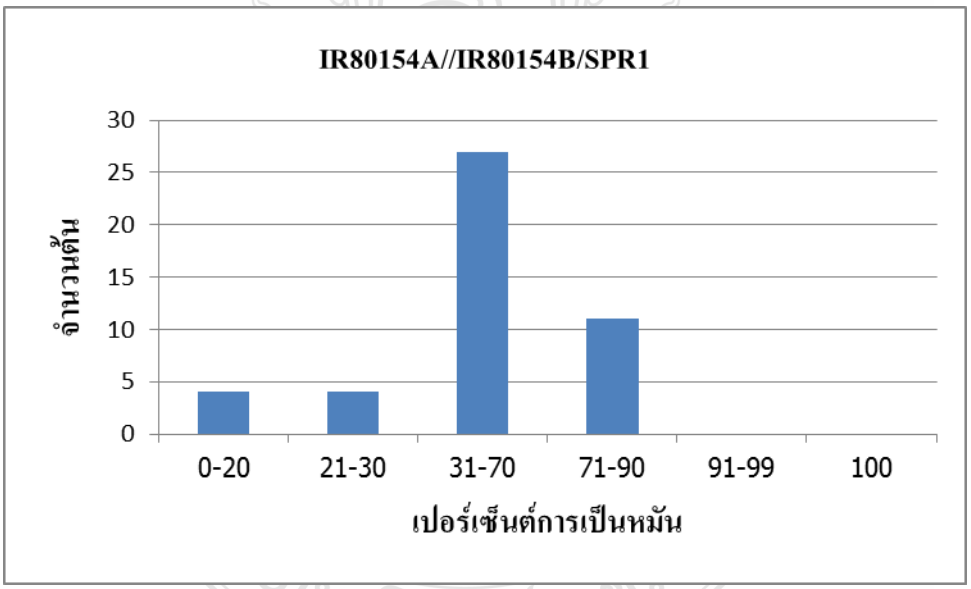
ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1



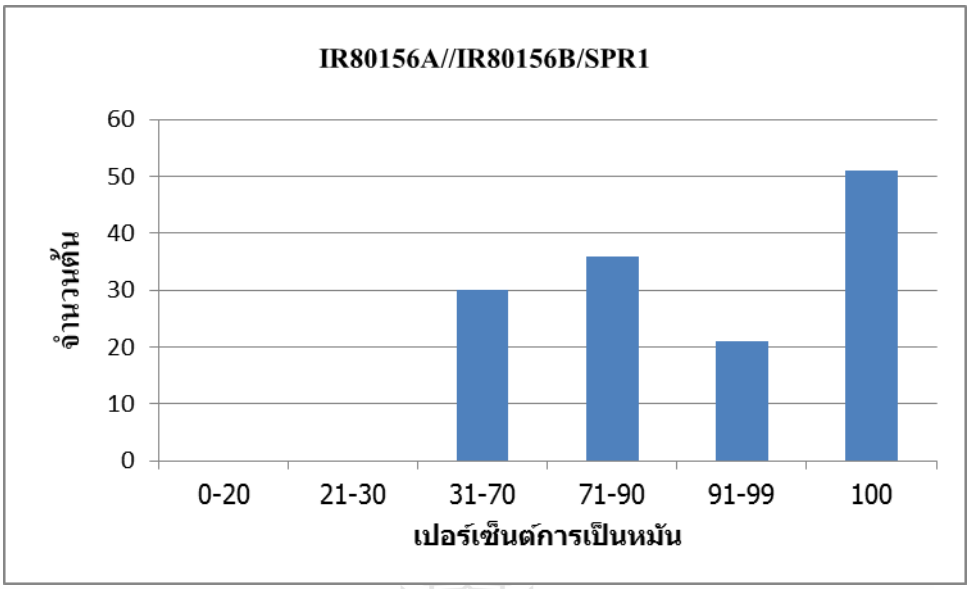
ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/IR46R



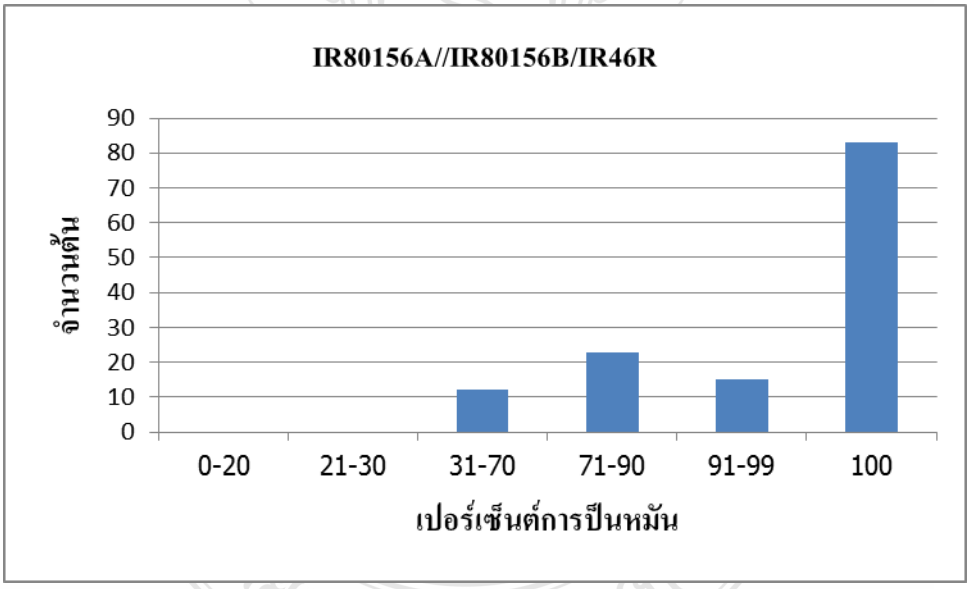
ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/CK81



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR80154A//IR80154B/SPR1



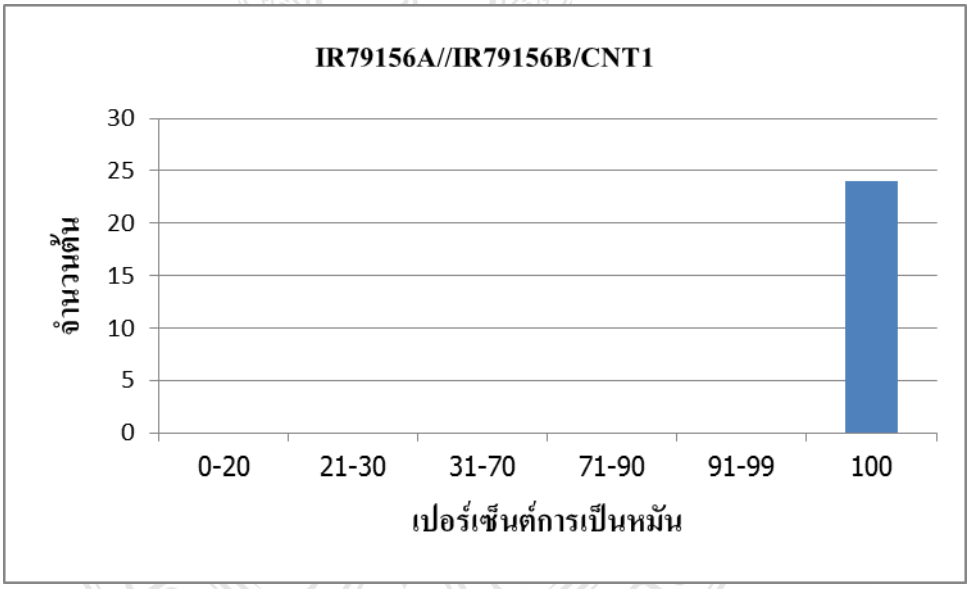
ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1



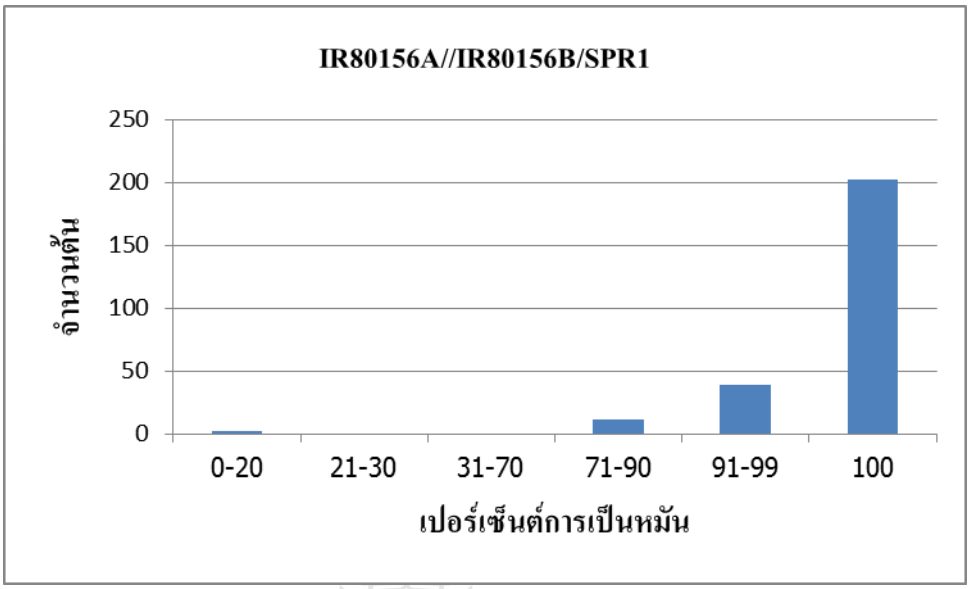
ภาพที่ 11 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 1 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R

การผสมกลับครั้งที่ 2 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 4 ในฤดูนาปรัง 2554 (มกราคม – มิถุนายน) จากการตรวจสอบความเป็นหมันของเรณูต้นลูกผสมกลับชั่วที่ 2 ($BC_2A^{//}$) พบว่า มีต้นเรณูเป็นหมันสมบูรณ์ 3 คู่ผสม ได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ($BC_3A^{///}$) จำนวน 67 คู่สายพันธุ์ ได้แก่ คู่ผสมระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1 ได้จำนวน 3 คู่สายพันธุ์ ปลูก 24 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ทุกต้น คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 12) คู่ผสมระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1 ได้จำนวน 27 คู่สายพันธุ์ ปลูก 254 พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 202 ต้น คิดเป็น 79.53 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 13) และคู่ผสมระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R ได้จำนวน 37 คู่สายพันธุ์ปลูก 406 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 310 ต้น คิดเป็น 76.35 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 14)

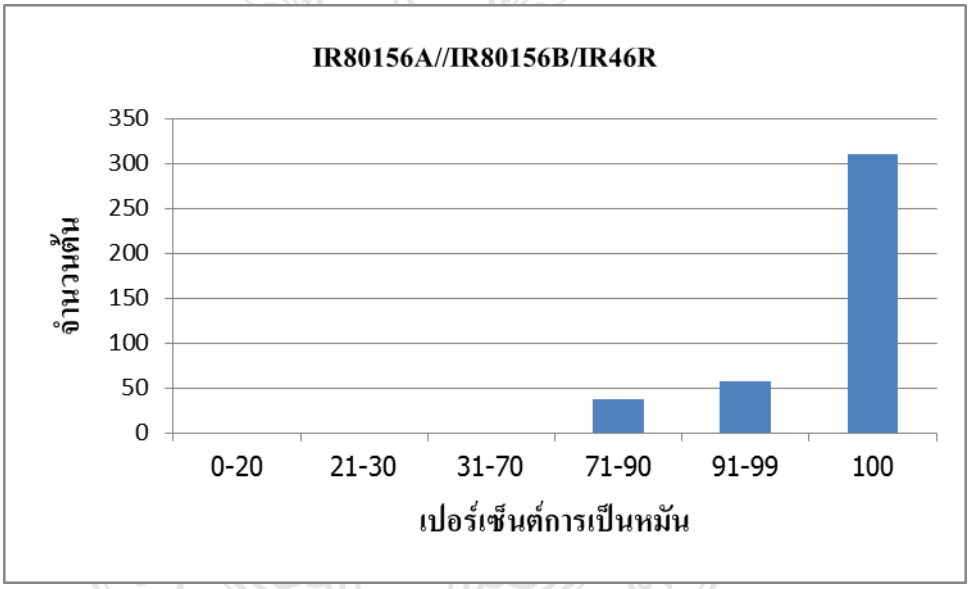
ลักษณะความสูงและจำนวนรวงต่อกอของลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ($BC_3A^{///}$) และสายพันธุ์ B ชั่วที่ 5 จำนวน 67 คู่สายพันธุ์ พบว่า ข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ($BC_3A^{///}$) มีความสูงตั้งแต่ 68 ถึง 99 เซนติเมตร และมีจำนวนรวงต่อกอ 8 ถึง 18 รวงต่อกอ ส่วนสายพันธุ์ B ชั่วที่ 5 ความสูงตั้งแต่ 77 ถึง 115 เซนติเมตร และมีจำนวนรวงต่อกอ 7 ถึง 21 รวงต่อกอ



ภาพที่ 12 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 2 ระหว่างIR79156A//IR79156B/CNT1



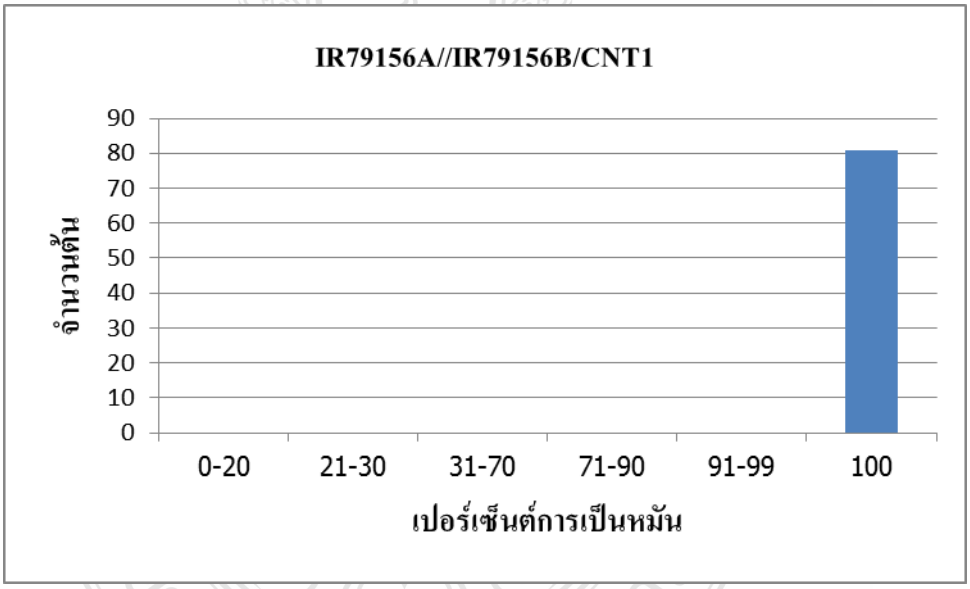
ภาพที่ 13 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 2 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1



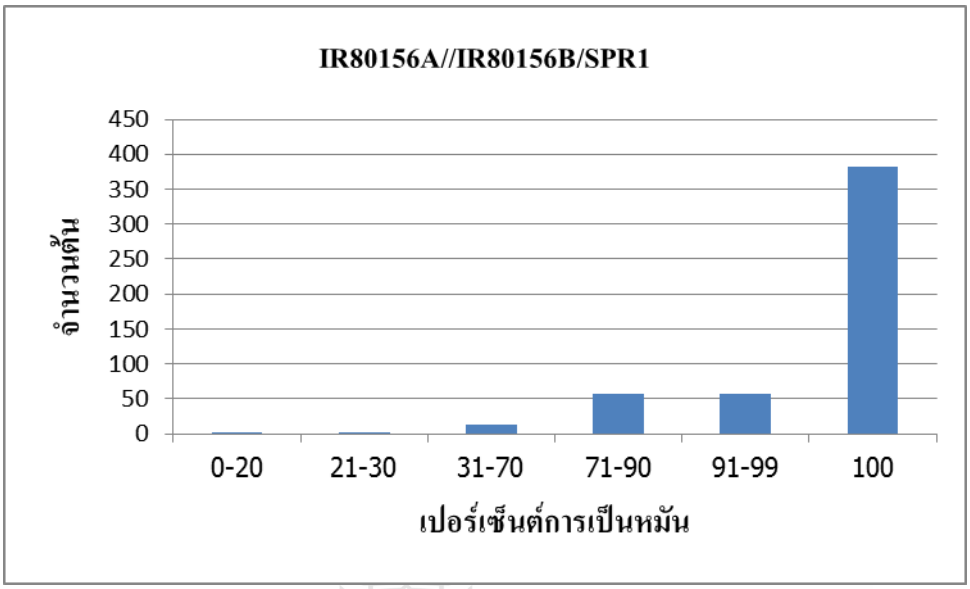
ภาพที่ 14 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 2 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R

การผสมกลับครั้งที่ 3 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 5 ในฤดูนาปี 2554 (กรกฎาคม – ธันวาคม) จากการตรวจสอบความเป็นหมันของเรณูต้นลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ($BC_3A^{///}$) ของทุกต้น พบว่า มีต้นเรณูเป็นหมันสมบูรณ์ 3 คู่ผสม ได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 4 ($BC_4A^{////}$) จำนวน 154 คู่สายพันธุ์ ได้แก่ คู่ผสมระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1 ได้จำนวน 7 คู่สายพันธุ์ ปลูก 81 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ทุกต้น คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 15) คู่ผสมระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1 ได้จำนวน 55 คู่สายพันธุ์ ปลูก 515 ต้นพบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 382 ต้น คิดเป็น 74.17 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 16) และคู่ผสมระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R ได้จำนวน 92 คู่สายพันธุ์ปลูก 1,212 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 1,191 ต้น คิดเป็น 98.27 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 17)

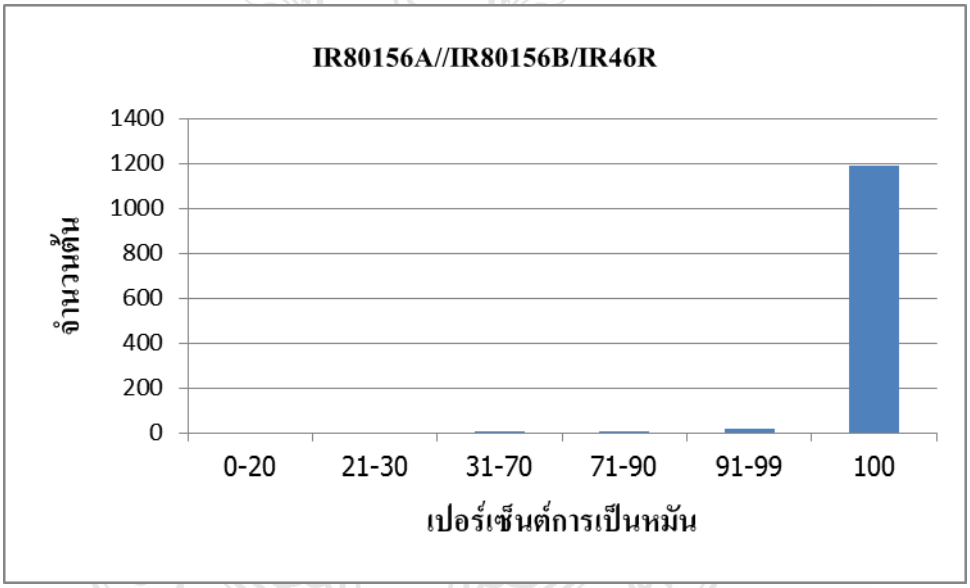
ลักษณะความสูงและจำนวนรวงต่อกอของข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 4 ($BC_4A^{////}$) และสายพันธุ์ B ชั่วที่ 6 จำนวน 154 คู่สายพันธุ์ พบว่าข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 4 ($BC_4A^{////}$) มีความสูงตั้งแต่ 66 ถึง 106 เซนติเมตร และมีจำนวนรวงต่อกอ 10 ถึง 32 รวงต่อกอ ส่วนสายพันธุ์ B ชั่วที่ 6 ความสูงตั้งแต่ 76 ถึง 121 เซนติเมตร และมีจำนวนรวงต่อกอ 8 ถึง 35 รวงต่อกอ



ภาพที่ 15 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1



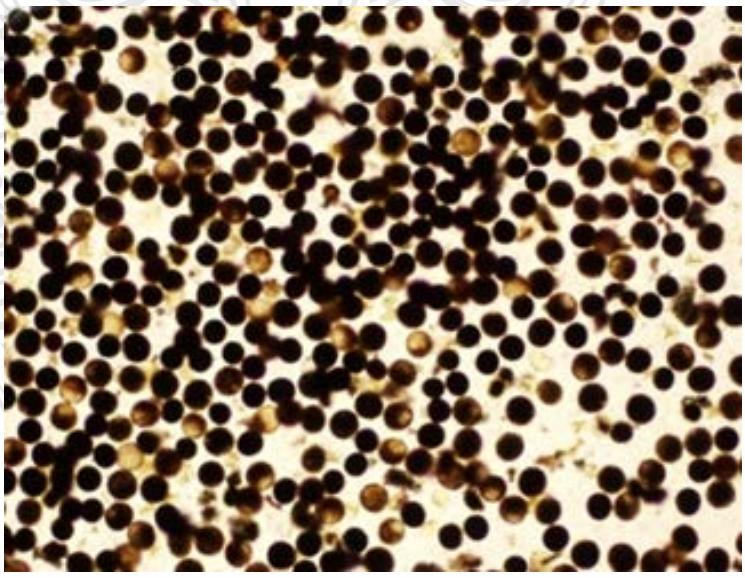
ภาพที่ 16 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1



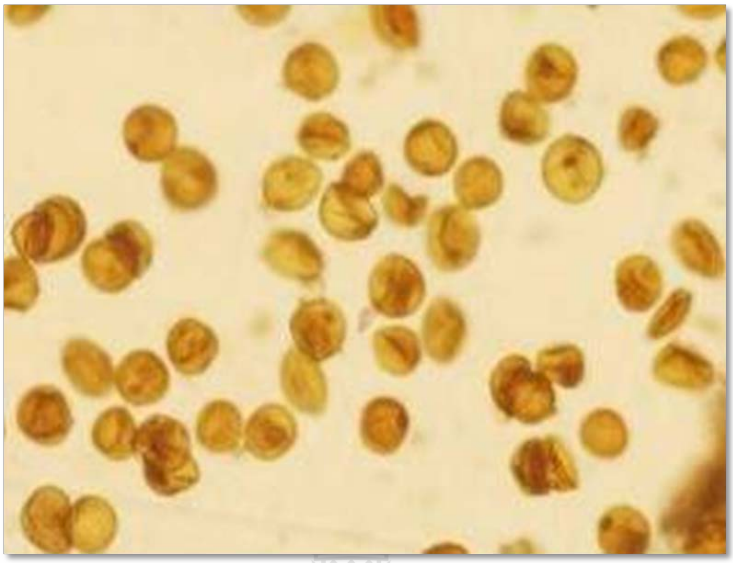
ภาพที่ 17 เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันของต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R

การผสมกลับครั้งที่ 4 และการคัดเลือกต้นจากประชากรลูกชั่วที่ 6 ในฤดูนาปรัง 2555 (มกราคม – มิถุนายน) จากการตรวจสอบความเป็นหมันของเรณูต้นลูกผสมกลับชั่วที่ 4 ($BC_4A^{////}$) พบว่ามีต้นเรณูเป็นหมันสมบูรณ์ 3 คู่ผสม ได้เมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ 5 ($BC_5A^{/////}$) จำนวน 278 คู่สายพันธุ์ ได้แก่ คู่ผสมระหว่าง IR79156A//IR79156B/CNT1 ได้จำนวน 2 คู่สายพันธุ์ ปลูก 48 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ทุกต้น คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ คู่ผสมระหว่าง IR80156A//IR80156B/SPR1 ได้จำนวน 93 คู่สายพันธุ์ ปลูก 1352 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 950 ต้น คิดเป็น 74.27 เปอร์เซ็นต์ และคู่ผสมระหว่าง IR80156A//IR80156B/IR46R ได้จำนวน 183 คู่สายพันธุ์ ปลูก 2,152 ต้น พบต้นเป็นหมันสมบูรณ์ 2,120 ต้น คิดเป็น 98.51 เปอร์เซ็นต์

การสร้างลูกผสมเพื่อใช้ทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ 4 ($BC_4A^{////}$) คัดเลือกสายพันธุ์เรณูเป็นหมัน ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ PTT08001A, PTT08002A และ PTT08003A ผสมกับสายพันธุ์แก้การเป็นหมัน จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ RD31, SPR1, CK81, CK120 และ CK168 ได้เมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1(F_1) จำนวน 15 คู่ผสม เพื่อนำไปปลูกศึกษาสมรรถนะการผสม พบว่า ข้าวลูกผสม (F_1 seed) ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 12.04 ถึง 96.66 กรัม (พื้นที่เก็บเกี่ยว 0.8 ตารางเมตร) ซึ่งคู่ผสม PTT08001A/CK81 ให้ผลผลิตมากที่สุด 96.66 กรัม (193 กิโลกรัมต่อไร่) ติดเมล็ด 81 เมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด (seed set) 57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 2)



ภาพที่ 18 ลักษณะละอองเรณูไม่เป็นหมัน



ภาพที่ 19 ลักษณะละอองเรณูเป็นหมันแท้ 100 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดสอบผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

4.2.1 ผลผลิต

จากการศึกษาผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ จำนวน 15 คู่ผสม (ตารางที่ 2) พบว่าข้าวลูกผสมมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 708 ถึง 1,125 กิโลกรัมต่อไร่ โดยข้าวลูกผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ให้ผลผลิตสูงสุดและแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์อื่น 1,125 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ลูกผสมระหว่าง PTT08001A/SPR1, PTT08001A/CK81, PTT08002A/CK81, และ PTT08003A/CK168 ให้ผลผลิต 971, 936, 900 และ 889 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตต่ำสุด คือ PTT08001A/CK120 มีผลผลิตเฉลี่ย 708 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าข้าวลูกผสมให้ผลผลิตสูงกว่าและแตกต่างกับพันธุ์เปรียบเทียบ โดยที่พันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นลูกผสม RDH1 ที่ให้ผลผลิต 796 กิโลกรัมต่อไร่ และพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวพันธุ์ผสม PTT1, PSL2 ให้ผลผลิต 614, 543 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อนำเอาผลผลิตของพันธุ์เปรียบเทียบมาเฉลี่ย ให้ผลผลิต 651 กิโลกรัมต่อไร่ จากข้อมูลผลผลิตของข้าวลูกผสม พบว่า ลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์แม่ PTT08001A จำนวน 5 คู่ผสม ให้ผลผลิตเฉลี่ย 863 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าคู่ผสมที่มาจากสายพันธุ์แม่ PTT08002A และ PTT08003A ให้ผลผลิตเฉลี่ย 849 และ 835 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลผลิตของสายพันธุ์ B ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ จำนวน 3 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์คู่แฝดกับสายพันธุ์ $BC_4A^{////}$ พบว่า ผลผลิตมีค่าอยู่ระหว่าง 601 ถึง 666 กิโลกรัมต่อไร่ โดยสาย

พันธุ์ PTT08002B ให้ผลผลิตสูงสุด 666 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ PTT08001B และ PTT08003B ให้ผลผลิต 645 และ 601 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวลูกผสมที่นำมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่า ข้าวลูกผสม HSLY-26 ให้ผลผลิตมากที่สุด 802 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ HSO-17 ให้ผลผลิต 784 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าข้าวลูกผสมที่สร้างขึ้นมาใหม่ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด PTT08001A/RD31 ให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวลูกผสมที่ปลูกเป็นการค้าของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด HSLY-26 อยู่ร้อยละ 71.28

ตารางที่ 2 ลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	อายุถึงวันเก็บเกี่ยว	รวง/กอ	ความยาวรวง (ซม.)	จำนวนเมล็ดดี/รวง	เปอร์เซนต์เมล็ดดี	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)
1	PTT08001A/RD31	1125 a	106 a-h	105	13 ab	29 b	171 b-i	85 c-i	25 f-i
2	PTT08001A/SPR1	971 b	109 a-g	103	11 c-h	30 b	162 b-k	84 e-j	25 ghi
3	PTT08001A/CK81	936 bc	115 abc	112	9 g-k	29 b	192 bcd	86 b-j	25 e-i
4	PTT08001A/CK120	708 f-l	106 a-h	109	11 c-i	27 bcd	170 b-j	88 a-f	24 hij
5	PTT08001A/CK168	816 b-h	112 a-f	112	10 e-k	35 a	162 b-k	91 ab	27 c-f
6	PTT08002A/RD31	757 d-k	107 a-h	103	11 c-g	29 b	128 i-l	83 f-j	25 e-i
7	PTT08002A/SPR1	871 b-f	110 a-g	103	10 d-j	29 b	139 f-l	85 c-i	25 e-i
8	PTT08002A/CK81	900 bcd	116 ab	108	9 h-l	28 bc	182 b-f	84 d-j	25 e-i
9	PTT08002A/CK120	888 bcd	106 a-h	112	10 d-j	27 bcd	181 b-g	89 abc	24 ij
10	PTT08002A/CK168	757 d-k	1123 a-e	108	10 d-j	28 bc	181 b-f	90 abc	26 e-i
11	PTT08003A/RD31	791 c-i	109 a-g	103	11d-j	29 b	126 jkl	83 f-j	27 c-f
12	PTT08003A/SPR1	756 d-k	109 a-g	103	11 c-i	30 b	140 f-l	86 b-h	25 e-i
13	PTT08003A/CK81	878 b-e	116 ab	112	9 i-m	28 bc	197 bc	88 a-f	26 d-h
14	PTT08003A/CK120	770 d-j	108 a-g	111	12 b-f	27 bcd	173 b-i	90 abc	24 hij
15	PTT08003A/CK168	889 bcd	113 a-e	108	10 d-j	28 bc	166 b-k	89 a-d	25 e-i
16	PTT08001B สายพันธุ์คู่แฝด (B)	645 i-n	96 ghi	74	12 b-g	27 bcd	136 g-l	81 ij	20 l
17	PTT08002B สายพันธุ์คู่แฝด (B)	667 h-n	99 f-i	74	13 abc	27 bcd	147 d-l	84 d-j	20 l
18	PTT08003B สายพันธุ์คู่แฝด (B)	601 k-n	103 b-i	74	14 a	28 bcd	140 f-l	83 e-j	20 l

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับที่	คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	อายุถึงวันเก็บเกี่ยว	รวง/กอ	ความยาวรวง (ซม.)	จำนวนเมล็ดดี/รวง	เปอร์เซนต์เมล็ดดี	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)
19	RD31 สายพันธุ์ R	834 b-g	112 a-f	81	12 b-e	28 bc	130 h-l	88 a-f	28 bc
20	SPR1 สายพันธุ์ R	802 c-i	117 ab	82	12 a-d	28 bc	143 e-l	87 a-f	26 c-g
21	CK81 สายพันธุ์ R	691 g-m	114 a-d	90	7 m	27 bcd	286 a	82 g-j	27 bcd
22	CK120 สายพันธุ์ R	533 mn	101 c-i	87	8 klm	23 d	188 bcd	80 j	23 jk
23	CK168 สายพันธุ์ R	723 e-l	116 ab	84	7 lm	26 bcd	186 b-e	81 hij	27 cde
24	RDH1 พันธุ์เปรียบเทียบ	796 c-i	98 f-i	95	10 d-j	28 bcd	156 c-l	82 g-j	22 k
25	PTT1 พันธุ์เปรียบเทียบ	614 j-n	105 b-h	95	11 c-i	28 bc	122 kl	83 e-j	27 c-f
26	PSL2 พันธุ์เปรียบเทียบ	543 mn	91 i	94	9 g-k	28 bc	135 h-l	85 c-i	27 bc
27	HSO-1*	527 n	99 e-i	72	8 j-m	27 bcd	111 l	84 d-j	29 a
28	HSO-17*	784 c-i	105 b-h	72	8 j-m	27 bcd	202 b	89 a-e	29 a
29	HSLY-26*	802 c-i	119 a	73	10 d-j	26 bcd	163 b-k	90 abc	28 ab
30	HS98*	674 h-n	101 d-i	74	10 d-j	24 cd	174 b-h	92 a	27 bc
31	HS99-5*	579 lmn	94 hi	69	10 f-k	26 bcd	126 jkl	87 a-g	28 abc
C.V. (%)		12.8	7.5		12.2	9.0	16.5	3.6	3.7

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* พันธุ์ข้าวลูกผสมที่เป็นการค้าจากสาธารณรัฐประชาชนจีน

4.2.2 องค์ประกอบผลผลิต

ลักษณะจำนวนรวงต่อกอ พบว่า ข้าวลูกผสมมีจำนวนรวงต่อกออยู่ระหว่าง 9-14 รวง คู่ผสมที่มีผลผลิตสูง 5 อันดับแรก ให้จำนวนรวงเท่ากับ 13, 11, 9, 9 และ 10 รวงต่อกอตามลำดับ โดยคู่ผสม PTT08001A/RD31 และ PTT08001A/SPR1 มีจำนวนรวงต่อกอมากกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบ (10 รวงต่อกอ) คู่ผสม PTT08001A/CK81 และ PTT08002A/CK81 มีจำนวนรวงต่อกอน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบ และคู่ผสม PTT08003A/CK168 มีจำนวนรวงต่อกอเท่ากับค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบ คือ 10 รวง

ลักษณะความยาวรวง พบว่า ข้าวลูกผสมมีความยาวรวงเฉลี่ยระหว่าง 27- 35 เซนติเมตร คู่ผสมที่มีผลผลิตสูง 5 อันดับแรกมีความยาวรวง เท่ากับ 29, 30, 29, 28 และ 28 เซนติเมตรตามลำดับ โดยคู่ผสม PTT08001A/RD31, PTT08001A/SPR1 และ PTT08001A/CK81 มีความยาวรวงมากกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบ คือ 28 เซนติเมตร และคู่ผสม PTT08002A/CK81 และ PTT08003A/CK168 มีความยาวรวงเท่ากับค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบ

ลักษณะของจำนวนเมล็ดดีต่อรวง พบว่า ข้าวลูกผสมมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ยระหว่าง 126-197 เมล็ด โดยคู่ผสมที่มีผลผลิตสูง 5 อันดับแรก มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวง เท่ากับ 171, 162, 192, 182 และ 166 เมล็ดตามลำดับ โดยคู่ผสม PTT08001A/CK81, PTT08002A/CK81 และ PTT08003A/CK168 มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบเท่ากับ 138 เมล็ด ส่วนลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี พบว่า ข้าวลูกผสมมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ยระหว่าง 83-91 คู่ผสมที่มีผลผลิตสูง 5 อันดับแรก มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวง 85, 84, 86, 84 และ 89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้าวสายพันธุ์เปรียบเทียบมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีร้อยละ 83

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่า ข้าวลูกผสมมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดระหว่าง 20-29 กรัม คู่ผสมที่มีผลผลิตสูง 5 อันดับแรก มีน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 25 กรัม ซึ่งเท่ากับค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เปรียบเทียบ

4.2.3 อายุวันเก็บเกี่ยว

ลักษณะอายุวันเก็บเกี่ยวของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม พบว่ามีช่วงอายุเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 103 ถึง 112 วัน โดยคู่ผสมที่มีอายุถึงวันเก็บเกี่ยวเร็วที่สุด 103 วันมี 5 คู่ผสม คือ PTT08001A/SPR1 PTT08002A/RD31 PTT08002A/SPR1 PTT08003A/RD31 และ PTT08003A/SPR1 คู่ผสมที่มีอายุถึงวันเก็บเกี่ยวช้าที่สุด 112 วัน มี 4 คู่ผสม คือ PTT08001A/CK81, PTT08001A/CK168, PTT08002A/CK120 และ PTT08003A/CK81 สำหรับสายพันธุ์พ่อ RD31, และ SPR1 มีอายุถึงวันเก็บเกี่ยว 111 วัน จะเห็นได้ว่า ลูกผสมที่มีพ่อเป็น RD31, และ SPR1 ให้ลูกผสมที่มีอายุเบาคือ 103

และ 105 วัน สายพันธุ์พ่อ CK168, CK120 และ CK81 มีอายุถึงวันเก็บเกี่ยว 114, 117 และ 120 วัน ตามลำดับ ส่วน RDH1, PTT1 และ PSL2 ที่เป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ มีอายุถึงวันเก็บเกี่ยว 125 วัน ข้าวลูกผสมที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุถึงวันเก็บเกี่ยว 99 ถึง 104 วัน สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ พันธุ์ HSLY-26 มีอายุถึงวันเก็บเกี่ยว 103 วัน ให้ผลผลิต 802 กิโลกรัมต่อไร่

4.3 ความดีเด่นของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

4.3.1 ผลผลิต

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นด้านผลผลิต (ตารางที่ 3) จำนวน 15 คู่ผสม พบว่า ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าระหว่าง 1.29 ถึง 65.21 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08003A/CK81 ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุดถึง 65.21 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ลูกผสมระหว่าง PTT08003A/CK168 ให้ค่าความดีเด่นต่ำที่สุดคือ 1.29 เปอร์เซ็นต์

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด มีค่าระหว่าง -14.92 ถึง 63.84 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากค่าความดีเด่นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08003A/CK81 ที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ด้านผลผลิตเป็นบวกและสูงกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดถึง 63.84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคู่ผสม PTT08001A/CK120 และ PTT08003A/CK168 มีลักษณะผลผลิตในเชิงลบ หรือให้ผลผลิตต่ำกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด 11.72 และ 14.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ RDH1 มีค่าระหว่าง -4.16 ถึง 67.16 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ข้าวที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด HSLY26 มีค่าระหว่าง -19.56 ถึง 40.28 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบด้านผลผลิตสูงที่สุดคือ 67.16 และ 40.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Virmani *et at*. (1981) พบว่า ข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่และสูงกว่าสายพันธุ์เปรียบเทียบ

4.3.2 ความสูง

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นด้านความสูง (ตารางผนวกที่ 2) จำนวน 15 คู่ผสม พบว่า ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าระหว่าง -0.82 ถึง 9.27 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างไปจาก

ค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08003A/SPR1 ให้ค่าความดีเด่นต่ำที่สุดคือ -0.82 เปอร์เซ็นต์ หรือมีลักษณะต้นเตี้ยกว่าค่าเฉลี่ยสายพันธ์พ่อแม่ ส่วนอีก 14 คู่ผสมมีลักษณะต้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยสายพันธ์พ่อแม่

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด มีค่าระหว่าง -6.83 ถึง 6.93 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากค่าความดีเด่นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/SPR1 และ PTT08003A/SPR1 ที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ด้านความสูงเป็นลบและมีลักษณะต้นเตี้ยกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด -6.83 เปอร์เซ็นต์ มีอีก 6 คู่ผสมที่มีลักษณะต้นเตี้ยกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ RDH1 มีค่าระหว่าง 7.83 ถึง 18.00 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ข้าวที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด HSLY26 มีค่าระหว่าง -11.23 ถึง -2.60 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบด้านความสูงคือ 7.83 และ -11.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หรือมีลักษณะต้นสูงกว่า RDH1 ถึง 7.83 เปอร์เซ็นต์ และต้นเตี้ยกว่า HSLY26 ถึง 11.23 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 จำนวนรวงต่อกอ

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นด้านลักษณะจำนวนรวงต่อกอของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม (ตารางผนวกที่ 3) พบว่า ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าระหว่าง -20.00 ถึง 10.00 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK120 ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุดถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 4 คู่ผสมให้ค่าความดีเด่นเชิงบวกเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ ขณะที่คู่ผสมระหว่าง PTT08002A/SPR1 ให้ค่าความดีเด่นต่ำที่สุดคือ -20.00 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีคู่ผสมอีก 9 คู่ผสม ที่มีค่าความดีเด่นของจำนวนรวงต่อกอต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด มีค่าระหว่าง -35.71 ถึง 8.33 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากค่าความดีเด่นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ให้จำนวนรวงต่อกอสูงที่สุด โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดของจำนวนรวงต่อกอเป็นบวกและสูงกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด 8.33 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ค่าความดีเด่นของลักษณะผลผลิตของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	ผลผลิต									
		ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ							
				สายพันธุ์เปรียบเทียบ			สายพันธุ์มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน				
				RDH1	PTT1	PSL2	HSO1	HSO17	HSLY26	HS98	HS99-5
1	PTT08001A/RD31	40.80	40.27	67.16	94.30	107.18	167.22	53.48	40.28	67.04	217.80
2	PTT08001A/SPR1	42.17	21.07	44.28	67.70	65.74	130.63	32.46	21.06	44.16	174.28
3	PTT08001A/CK81	31.84	10.47	33.95	53.54	63.17	110.44	20.86	10.47	31.54	150.27
4	PTT08001A/CK120	9.09	-11.72	5.20	22.28	30.39	68.20	-3.39	-11.70	5.14	100.04
5	PTT08001A/CK168	2.90	1.75	21.25	40.93	50.28	93.78	11.30	1.72	21.13	130.46
6	PTT08002A/RD31	13.79	6.28	25.75	46.11	55.80	101.04	15.47	5.53	25.67	139.09
7	PTT08002A/SPR1	43.43	30.25	33.73	55.44	65.74	113.68	22.73	12.17	33.57	154.13
8	PTT08002A/CK81	44.04	28.51	31.95	53.37	63.54	111.00	21.19	10.76	31.90	150.94
9	PTT08002A/CK120	27.55	9.55	12.48	30.74	39.41	79.69	3.21	-5.67	12.33	113.70
10	PTT08002A/CK168	7.25	0.89	17.53	36.61	45.67	87.81	7.87	-1.41	17.40	123.36
11	PTT08003A/RD31	32.13	10.30	30.46	51.64	61.69	108.52	19.77	9.46	30.35	147.99
12	PTT08003A/SPR1	40.38	36.52	14.41	32.99	41.80	82.79	4.98	-4.05	14.26	117.38
13	PTT08003A/CK81	65.21	63.84	31.95	53.37	18.78	111.04	21.21	10.78	31.92	150.98
14	PTT08003A/CK120	25.36	21.01	-4.16	11.40	18.78	53.23	-11.99	-19.56	-4.22	82.23
15	PTT08003A/CK168	1.29	-14.92	-0.89	15.20	22.84	58.37	-9.04	-16.86	-1.00	88.35

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ RDH1 มีค่าระหว่าง -10.00 ถึง 30.00 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ข้าวที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ HSLY-26 มีค่าระหว่าง -12.62 ถึง 30.10 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบของจำนวนรวงต่อกอสูงที่สุด คือ 30.00 และ 30.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.3.4 ความยาวรวง

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นด้านลักษณะความยาวรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม (ตารางผนวกที่ 4) พบว่า ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าระหว่าง 1.81 ถึง 32.07 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK168 ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุดถึง 32.07 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่คู่ผสมระหว่าง PTT08003A/CK81 ให้ค่าความดีเด่นต่ำที่สุดคือ 1.81 เปอร์เซ็นต์ ข้าวลูกผสมทั้ง 15 คู่ผสมมีค่าความดีเด่นด้านความยาวรวงสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด มีค่าระหว่าง -3.57 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากค่าความดีเด่นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ให้ความยาวรวงสูงที่สุด โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK168 ที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดด้านความยาวรวงเป็นบวกและสูงกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด 25 เปอร์เซ็นต์

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ RDH1 มีค่าระหว่าง -3.57 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ข้าวที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ HSLY-26 มีค่าระหว่าง 4.31 ถึง 38.04 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK168 ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบความยาวรวงสูงที่สุด คือ 25 และ 38.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.3.5 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นด้านลักษณะเมล็ดดีต่อรวงของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม (ตารางผนวกที่ 5) พบว่า ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าระหว่าง -15.93 ถึง 28.57 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุดถึง 28.57 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 7 คู่ผสมให้ค่าความดีเด่นเชิงบวกเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ ขณะที่คู่ผสมระหว่าง PTT08002A/CK81

ให้ค่าความดีเด่นต่ำที่สุดคือ –15.93 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ถึง 15.93 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีคู่ผสมอีก 6 คู่ผสม ที่มีค่าความดีเด่นของเมล็ดดีต่อรวงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด มีค่าระหว่าง -36.36 ถึง 25.73 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากค่าความดีเด่นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ให้เมล็ดดีต่อรวงสูงที่สุด โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 ที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดด้านเมล็ดดีต่อรวงเป็นบวกและสูงกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด 25.73 เปอร์เซ็นต์

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ RDH1 มีค่าระหว่าง -19.23 ถึง 26.28 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ข้าวที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ HSLY-26 มีค่าระหว่าง -22.69 ถึง 20.85 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08003A/CK81 ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบด้านเมล็ดดีต่อรวงสูงที่สุด คือ 26.28 และ 20.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.3.6 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นด้านลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม (ตารางผนวกที่ 6) พบว่า ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าระหว่าง -3.48 ถึง 12.34 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK168 ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุดถึง 12.34 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 11 คู่ผสมให้ค่าความดีเด่นเชิงบวกเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ ขณะที่คู่ผสมระหว่าง PTT08002A/RD31 ให้ค่าความดีเด่นต่ำที่สุดคือ -3.48 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ถึง 3.48 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีคู่ผสมอีก 2 คู่ผสม ที่มีค่าความดีเด่นด้านเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด มีค่าระหว่าง -5.68 ถึง 12.34 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากค่าความดีเด่นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงที่สุด โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK168 ที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดด้านเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเป็นบวกและสูงกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด 12.34 เปอร์เซ็นต์

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ RDH1 มีค่าระหว่าง 1.21 ถึง 10.97 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ข้าวที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ HSLY-26 มี

ค่าระหว่าง -7.77 ถึง 1.11 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK168 ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบด้านเมล็ดดีต่อรวงสูงที่สุด คือ 10.97 และ 1.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.3.7 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

จากการเปรียบเทียบค่าความดีเด่นด้านลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม (ตารางผนวกที่ 7) พบว่า ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าระหว่าง 4.16 ถึง 14.89 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK168 ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุดถึง 14.89 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/RD31 และ PTT08002A/RD31 ให้ค่าความดีเด่นต่ำที่สุดคือ 4.16 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อและแม่ถึง 4.16 เปอร์เซ็นต์ ข้าวลูกผสมทั้ง 15 คู่ผสมมีค่าความดีเด่นด้านน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด มีค่าระหว่าง -10.71 ถึง 4.34 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากค่าความดีเด่นของสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงที่สุด โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08001A/CK120 และ PTT08003A/CK120 ที่ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุดด้านน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเป็นบวกและสูงกว่าสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด 4.34 เปอร์เซ็นต์

ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบที่เป็นข้าวลูกผสมและข้าวพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ RDH1 มีค่าระหว่าง 9.09 ถึง 22.72 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คู่ผสมระหว่าง PTT08002A/CK168 ให้ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบด้านน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงที่สุด คือ 22.72 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ข้าวที่มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ HSLY-26 มีค่าระหว่าง -14.28 ถึง -3.57 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ข้าวลูกผสมทั้ง 15 คู่ผสมให้ค่าความดีเด่นต่ำกว่าสายพันธุ์เปรียบเทียบ

4.4 สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสม

จากการวิเคราะห์สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) ในลักษณะผลผลิต (ตารางที่ 4) พบว่า สมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แม่ PTT08001A (13.73) มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกที่มีผลผลิตต่อไร่มากกว่าสายพันธุ์แม่ PTT08002A (0.28) และสายพันธุ์แม่ PTT08003A (-14.02) สายพันธุ์พ่อที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก ได้แก่ สายพันธุ์ RD31 (144.98) และ CK81 (28.98) ลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง 3 อันดับแรก คือ PTT08001A/RD31 (117.27)

PTT08002A/CK168 (57.18) และPTT08002A/SPR1 (55.55) ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์พ่อดังกล่าวมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยของลูกที่มีผลผลิตต่อไร่สูง

ตารางที่ 4 สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะผลผลิตของข้าวลูกผสม จำนวน 15 คู่ผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

Line/tester	RD31	SPR1	CK81	CK120	CK168	GCA
PTT08001A	117.27	-65.90	-45.48	-24.82	18.93	13.73
PTT08002A	-23.28	55.55	21.22	22.63	-76.12	0.28
PTT08003A	-93.98	10.35	24.27	2.18	57.18	-14.02
GCA	144.98	-88.85	28.98	-81.43	-3.68	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม ในการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) ในข้าว โดยการผสมระหว่าง สายพันธุ์ B จำนวน 3 สายพันธุ์ กับสายพันธุ์ R จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้ 15 คู่ผสม วิธีการนี้สามารถพัฒนาสายพันธุ์ B ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดกับสายพันธุ์ A ไปพร้อมๆกัน ได้คัดเลือกสายพันธุ์ลูกผสมกลับชั่วที่ 1 BC_1A' ที่มีลักษณะดีและมีเรณูเป็นหมันสมบูรณ์ จำนวน 15 คู่ผสม ผสมกลับได้ลูกผสมกลับชั่วที่ 2 BC_2A'' ที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ B ชั่วที่ 4 จำนวน 6 คู่ผสม 46 คู่สายพันธุ์ ในลูกผสมกลับชั่วที่ 3 BC_3A''' กับสายพันธุ์ B คู่แฝดชั่วที่ 5 ได้จำนวน 3 คู่ผสม 67 คู่สายพันธุ์ และในลูกผสมกลับชั่วที่ 4 BC_4A'''' กับสายพันธุ์ B คู่แฝดชั่วที่ 6 ได้จำนวน 3 คู่ผสม 154 คู่สายพันธุ์

การคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่นำมาผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 โดยคัดเลือกมาจำนวน 3 สายพันธุ์ คือ PTT08001A, PTT08002A และ PTT08003A นำไปผสมกับสายพันธุ์ R จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้ลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม เพื่อนำไปทดสอบสมรรถนะการผสม

ลูกผสมจำนวน 15 คู่ผสม เมื่อพิจารณาจากผลผลิตของลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ คู่ผสม PTT08001A/RD31 ให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1,125 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 106 เซนติเมตร จำนวนรวงต่อกอ 13 รวงต่อกอ ความยาวรวง 29 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 131 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 85 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด หนัก 25 กรัม มีอายุวันออกดอกประมาณ 75 วัน

การเปรียบเทียบความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ และค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด พบว่า คู่ผสม PTT08003A/CK81 ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุด เท่ากับ 65.21, 63.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เปรียบเทียบ กขผ 1 ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 พบว่า คู่ผสม PTT08001A/RD31 มีความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 สายพันธุ์ เท่ากับ 67.16, 94.30 และ 107.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข้าวสายพันธุ์ PTT08001A และ RD31 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปดี ลูกผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง ได้แก่ PTT08001A/RD31, PTT08002A/SPR1 และ PTT08002A/CK168

5.2 การอภิปรายผล

จากการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ พบว่า จากการผสมกลับ 4 ครั้ง คู่ผสม IR79156A//IR79156B/CNT1 มีเรณูเป็นหมันแท้ 100 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ยจากการผสมกลับ 4 ครั้ง) คู่ผสม IR80156A//IR80156B/SPR1 มีเรณูเป็นหมัน 62.4 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การเป็นหมันไม่สม่ำเสมอ และคู่ผสม IR80156A//IR80156B/IR46R มีเรณูเป็นหมัน 77.51 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเป็นหมันเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่ทำการผสมกลับ เนื่องจากในการผสมกลับทุกๆ ครั้งต้นที่เป็นตัวรับจะต้องเป็นหมันสมบูรณ์ ความสามารถในการรักษาความเป็นหมันของสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันใหม่จะเริ่มที่หลังจากการ ผสมกลับ 5-6 ครั้ง และการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันกับสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันอื่นๆก่อนการผสมกลับ จะช่วยเพิ่มความหลากหลายของยีนรักษาความเป็นหมันได้ (Xu and Xue, 2002) ในการพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันโดยวิธีการผสมกลับมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีของไทยให้เป็นสายพันธุ์เรณูเป็นหมันใหม่ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย โดยใช้สายพันธุ์เรณูเป็นหมันของต่างประเทศเป็นตัวให้ (donor parent) และข้าวสายพันธุ์ดีของไทยเป็นตัวรับ (recurrent parent) หลังจากผสมกลับแล้วได้สายพันธุ์ข้าวเรณูเป็นหมันใหม่ที่เป็นสายพันธุ์ของไทย มีลักษณะเรณูเป็นหมัน 100 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะทางการเกษตรเหมือนกับข้าวพันธุ์ดีที่เป็นตัวรับ มีเปอร์เซ็นต์ของการโผล่พ้นคอรวงที่สูงทำให้จำนวนดอกที่จะรับการถ่ายละอองเรณูมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดมีมากขึ้น (บังอร, 2555)

ในการคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่นำมาผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 พิจารณาจากลักษณะเกสรตัวเมียยาว ยอดเกสรตัวเมียโผล่พ้นกลีบดอกดี การรับละอองเรณูของยอดเกสรตัวเมียมีช่วงระยะเวลานาน ยอดเกสรตัวเมียใหญ่และก้านยาว เพื่อให้การผสมข้ามได้มากขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดมากขึ้นด้วย

จากการศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลูกผสม จะเห็นได้ว่าแต่ละลักษณะมีความสัมพันธ์กัน โดยดูจากข้อมูลของลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง พบลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญต่อการให้ผลผลิตของข้าวลูกผสม เช่น จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงควรเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการให้ลูกผสมที่มีลักษณะดังกล่าวสูง โดยปกติแล้วข้าวลูกผสมจะมีผลผลิตสูงเนื่องจากการมีรวง (panicle) ขนาดใหญ่ จำนวนเมล็ดต่อรวงมาก และมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมาก Zeng *et al*. (1979) รายงานว่า น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวลูกผสมที่ศึกษาจำนวน 23 สายพันธุ์ ให้ลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เหนือกว่าพันธุ์พ่อแม่

การเปรียบเทียบความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด และค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่า คู่ผสม PTT08003A/CK81

ให้ค่าความดีเด่นสูงที่สุด สอดคล้องกับ Virmani *et at.*(1981) พบว่า ข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่และสูงกว่าสายพันธุ์เปรียบเทียบ Nuruzzaman *et al.* (2002)) ศึกษาความดีเด่นของข้าวลูกผสม พบว่า ลูกผสมที่ศึกษามีค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่ (mid-parent heterosis) ความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (heterobeltiosis) และความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ (standard heterosis) ทุกคู่ผสม โดยลักษณะความดีเด่นของลูกผสมเป็นวิธีการที่สำคัญช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมให้มีลักษณะที่ต้องการได้ Shahid *et al.* (2012) ศึกษาความดีเด่นของข้าวลูกผสม autotetraploid พบว่า ลักษณะของผลผลิต เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์พ่อแม่ และค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด Tawari *et al.* (2011) รายงานว่า ความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบที่มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะที่สูง และมีนัยทางสถิติ ดังนั้น การประเมินค่าความดีเด่นของลูกผสมเป็นค่าที่เฉพาะกับแต่ละคู่ผสม สายพันธุ์พ่อแม่ และสายพันธุ์เปรียบเทียบที่ใช้ในการศึกษา รวมถึงลักษณะที่ดีด้วย

จากการวิเคราะห์สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) พบว่า ข้าวสายพันธุ์ PTT08001A และ RD31 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปดี และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง การทดสอบสมรรถนะการผสม (Combining ability) ของสายพันธุ์ที่ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ มีความสำคัญต่อการสร้างลูกผสมมาก การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่โดยการทดสอบสมรรถนะการผสมทำให้มีโอกาสที่จะได้ลูกผสมที่ดี (Sprague และ Tatum, 1942) Jelodar (2010) ศึกษาสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบสามสายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์แม่ IR62829A สายพันธุ์ IR50 และสายพันธุ์ POYA มีสมรรถนะการผสมทั่วไปดีในทุกลักษณะ สายพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงมีแนวโน้มให้สมรรถนะการผสมเฉพาะสูงด้วย แต่เนื่องจากค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะของแต่ละคู่ผสมมีความแปรปรวนต่อการแสดงออกที่ดี และ Saidaiah *et al.* (2010) พบว่า สายพันธุ์ APMS6A มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงในลักษณะผลผลิต ความกว้างใบธง จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และอัตราการให้ผลผลิตต่อวัน และสายพันธุ์ 1096 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงในลักษณะผลผลิต ความกว้างใบธง จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และอัตราการให้ผลผลิตต่อวัน

จะเห็นว่าข้าวลูกผสมที่สร้างขึ้นมาใหม่ ให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวลูกผสมที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบและข้าวลูกผสมที่ปลูกเป็นการค้าของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ดังนั้นงานวิจัยจึงมีความเป็นไปได้ในการผลิตพันธุ์ข้าวลูกผสมในเชิงการค้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ ต้องตรวจสอบความเป็นหมันของสายพันธุ์ A โดยการย้อมละอองเรณูด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (I_2-KI) ทุกฤดูและทุกต้นที่จะทำการผสมให้เป็นหมันสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์

ต้องมีการจดบันทึกลักษณะและวันออกดอก ของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ เพื่อใช้ในการสร้างสายพันธุ์ข้าวลูกผสม

ในการผลิตข้าวลูกผสมมีความยุ่งยากในการดำเนินการเนื่องจากธรรมชาติของข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง การผลิตข้าวลูกผสมจะต้องเปลี่ยนให้ข้าวเป็นพืชผสมข้ามต้น ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมควรมีการสังเกตว่าสายพันธุ์พ่อแม่ของคู่ผสมใดที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ง่าย

ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงควรเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการให้ลูกผสมที่มีลักษณะ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ที่มีลักษณะดี

บรรณานุกรม

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2530. ลูกผสมข้าวฟ่าง.เอกสารวิชาการ.โครงการการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____. 2544. ปรับปรุงพันธุ์พืช : พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____. 2551. ปรับปรุงพันธุ์พืช : พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. เรียบเรียงครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ทะนงสิน. 2550. การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C-cms ในข้าวโพดโดยวิธีผสมกลับ และทดสอบ การผสมในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

บังอร ธรรมสามิสรณ์. 2555. การพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันโดยวิธีการผสมกลับ, น.56-67. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ประจำปี 2555. 20-22 มีนาคม 2555 ณ โรงแรมหินสวย- น้ำใส รีสอร์ท อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

บังอร ธรรมสามิสรณ์ และคณะ. 2548. การพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมันโดยวิธีการผสมกลับ, น. 37-39. *ใน* เรื่องย่อการประชุมวิชาการข้าว และธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2548. สถาบันวิจัยข้าว, กรุงเทพฯ.

ปพิชญา ศิริกุลชยานนท์. 2554. การพัฒนาสายพันธุ์พ่อแม่ของข้าวลูกผสมแบบ 3 สายพันธุ์โดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ประพาส วีระแพทย์. 2547. เอกสารประกอบการบรรยายในการสัมมนาเรื่อง “การกำหนดและจำแนกลักษณะประจำพันธุ์พืช. ณ ห้องประชุมสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. จตุจักร กรุงเทพฯ.

พงศ์ศักดิ์ บัวพงชล. 2538. การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวฟ่างโดยการผสมกลับและผสมกับตัวทดสอบไปพร้อมกันในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พัฒนศักดิ์ จันทร์ส่อง. 2553. การปรับปรุงพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวจากคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันโดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วโรทัย โกศลพิศิษฐ์กุล. 2551. ปีทองของข้าวไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.fpo.go.th/S-I/source/Article/Article79.htm, [สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2554]

วาสนา วรมิศร์. 2545. การปรับปรุงพันธุ์ข้าว. น. 47-94. *ใน*: ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว, ผู้รวบรวม. การปรับปรุงพันธุ์ข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

วาสนา วงษ์ใหญ่. 2549. เอกสารประกอบการเรียนวิชา 003575 การปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง I. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วรวิทย์ พาณิชพัฒน์. 2546. การปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์ข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สงกรานต์ จิตรากร. 2545. สถานการณ์ข้าวลูกผสม, น. 101-106. *ใน:* ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว, ผู้รวบรวม. การปรับปรุงพันธุ์ข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สงกรานต์ จิตรากร และคณะ. 2529. ข้าวลูกผสมในประเทศไทย. วารสารวิชาการเกษตร 4 (2): 149-157.

สุชาติ นักปราชญ์. 2543. โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตข้าวลูกผสม (Hybrid Rice Breeding). เอกสารประกอบการประชุมโต๊ะกลมเรื่อง “ข้าวลูกผสม” วันที่ 26 ธันวาคม 2543 สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. โรเนียว 13 หน้า.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2552. การปรับปรุงพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 67.

สุภาพร จันทร์บัวทอง และสุทัศน์ จุลศรีไกรวัลย์. 2548. สมรรถนะการผสมและความดีเด่นของข้าวลูกผสม. น. 40-44. *ใน:* เรื่องย่อการประชุมวิชาการข้าว และธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2548. สถาบันวิจัยข้าว, กรุงเทพฯ.

สุภาวิณี แสงโชติ. 2548. การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Alam, M. F., *et al*. 2001. Genetic basis of heterosis and inbreeding depression. J. Zhejiang Univ. SCI 5(1):106-111.

Allard, R.W. 1999. Principles of Plant Breeding. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Beal, W. J. 1880. Indian corn. Rept. Michigan State Broad Agr. 19: 279-289

Briggs, F.N. and P.F. Knowles. 1967. Introduction to Plant Breeding. Reinhold Publishing Corporation. A. Subsidiary of Chapman Reinhold, Inc., New York.

Cheng, S.H., *et al*. 2004. Forty years' development of hybrid rice: China's experience. Rice Sci. 11(5-6): 225-230.

_____. 1970. Introduction to Plant Breeding. Reinhold Publishing Corp., New York.

Comstock, R. E., *et al.* 1949. A breeding desingned to make maximum use of both general and specific combining ability. Agron J. 41: 360-367.

Coor, J. G. and S. Pandey. 1994. Genetics an dexploitation of heterosis in crops. ASA, Inc. And CSSA, Inc.,Madison, Wisconsin. 524 p.

Duwayri, M, D.V. Tran and V.N. Nguyen. 2000. Bridging the rice yield gap in the Asia-Pacific region. *In* Papademetriou, M.K., F.J. Dent and E.M. Herath, eds. Food and agriculture

organization of the united nations regional office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand, pp.26-46.

Elliott, F.C. 1958. Plant breeding and cytogenetics. Mc Graw-Hill book company, Inc. New York, Toronto, London, 395 pp.

Faiz, F. A., *et al*. 2006. Heterosis and combining ability analysis in Basmati rice hybrids. J. Anim.Pl.Sci. 16 (1=2): 56-59.

Hossain, M.A. and A.M. Eunus. 1978. Heterosis and combining ability in a six parent diallel cross of rice. Kalikasan. Philipp. J. Biol. 7(3): 297-394.

International Rice Research Institute. 1983. Annual Report for 1982. Section: Hybrid Rice. IRRI, Manila, Philippines, pp. 123-134.

Ivanov, M.K. and G.M. Dymshits. 2007. Cytoplasmic male sterility and restoration of pollen fertility in higher plants. Russian J. Genet. 43(4):354-368.

Jelodar, N. B. 2010. Heterosis and combining ability analysis for yield and rrlated-yield traits in hybrid rice. International Journal of Biology 2: 222-231.

Khan, N.A., *et al.* 1998. Growth and yield in F_1 hybrid of rice (*Oryza sativa* L.). Jpn. J. Agr. 42(4): 263-271.

Kaul, M.L.H. 1988. Male Sterility in Higher Plants. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg.

Khush, G.S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant Molecular Biology 35: 25-34.

Luat, N.V., B.B. Bang and M.J. Chandra. 1985. Evaluation of F_1 hybrids in the Cuu Long Delta. IRRI. 10(3): 19.

Malini, N., *et al.* 2006. Genetic interpretation of yield relaed traits in rice. Res.J. Agr. Biol. Sci. 2(4): 153-155.

Mandal, B.K. 1982. Note on the estimates of heterosis for nine quantitative characters in rice. Indian J. Agri. Sci. 52: 699-700.

Nuruzzaman, M., *et al.* 2002. Studies on parental variability and heterosis in rice. Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 1006-1009.

Peng, J.Y., *et al.* 1988. Heterosis and isozyme divergence in indica rice. Crop Sci. 28: 561-563.

Saidaiah, P., *et al.* 2010. Combining ability studies for development of new hybrids in rice over environments. Journal of Agriculture Science 2: 225-233.

Shahid, M.Q., *et al.* 2012. Genetic analysis and hybrid vigor study of grain yield and other quantitative traits in autotetraploid rice. Pak. J. Bot. 44: 237-246.

Shaoquing, L., *et al.* 2007. Char acterization and use of male sterility in hybrid rice breeding. Intergrative Plant Biol. J. 49(6): 791-804.

Shull,G.H. 1952. Beginnings of the heterosis concept, pp. 14-48. *In* J.W. Gowen, ed. Heterosis. Iowa State College Press, Ames.

Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942. Generl vs. specific combining ability in single crosses of cron. J. Amer. Soc. Agron. 34: 923-932.

Tawari, D. K., *et al.* 2011. Heterosis studies for yield and its components in rice hybrids using CMS system. Asian Journal of Plant Sciences 10: 29-42.

Vanaja,T., *et al.* 2003. Combining ability analysis for yield and component in rice varieties of diverse origin. J. Trop. Agr. 41:7-15.

Virmani, S.S. *et al.* 1997. Hybrid rice breeding manual. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Phillippines.

_____. 1981. Current outlook on hybrid rice Oryza 18: 67-84.

Virmani, S.S. 1998. Hybrid rice research and development in the tropics. *In* Virmani, S.S., Siddiq, E.A. & Muralidharan, K., eds. Advances in hybrik rice technology. Proc. 3rd International Symposium on Hybrid Rice, Hyderabad India, 14-16 Nov. 1996. IRRI, Philippines.

_____. 1989. Cytoplasmic male sterile for Punjab, India. Hybrid Rice Newsletter. Vol. 3 No. 1. International Rice Research Institute. P. O. Box 933, Manila, Philippines.

Xu, J.H. and Q.Z. Xue. 2002. Difference and inheritance of the sterility maintenance of cms in indica rice. Agr. Sci. China. 1(8): 945-948.

Yao, F.Y., *et al.* 1997. Mapping and genetic analysis of two fertility restorer loci in wild-abrtive cytoplasmic male sterility system of rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica 98: 183-187.

Yuan, L.P., *et al.* 2003. Hybrid Rice Technology. China Agriculture Press, Beijing.

Zeng, S. X., *et al.* 1979. Studies on the heterosis of F_1 hybrids in rice and its relation to the parents. Acta Agron. Sinica 3 : 23-24.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การติดเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 seed) จำนวน 15 คู่ผสม โดยใช้ไม้เขย่า พื้นที่ 0.8 ตารางเมตร ในฤดูที่ 4 (มกราคม-มิถุนายน 2555)

No	คู่ผสม	น้ำหนัก (กรัม)	เปอร์เซ็นการติดเมล็ด (seed set)
1	PTT08001A/RD31	12.04	43
2	PTT08001A/SPR1	65.40	52
3	PTT08001A/CK81	96.66	57
4	PTT08001A/CK120	70.14	56
5	PTT08001A/CK168	17.43	35
6	PTT08002A/RD31	21.82	43
7	PTT08002A/SPR1	62.08	71
8	PTT08002A/CK81	92.33	47
9	PTT08002A/CK120	35.84	55
10	PTT08002A/CK168	48.80	37
11	PTT08003A/RD31	15.40	43
12	PTT08003A/SPR1	75.18	47
13	PTT08003A/CK81	92.24	58
14	PTT08003A/CK120	61.27	54
15	PTT08003A/CK168	40.78	38

ตารางผนวกที่ 2 ค่าความดีเด่นลักษณะความสูงของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	ความสูง									
		ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ							
				สายพันธุ์เปรียบเทียบ			สายพันธุ์มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน				
				RDH1	PTT1	PSL2	HSO1	HSO17	HSLY26	HS98	HS99-5
1	PTT08001A/RD31	1.78	-5.35	7.83	0.76	16.74	6.86	0.67	-11.23	4.75	12.90
2	PTT08001A/SPR1	1.87	-6.83	10.88	3.61	20.04	9.69	3.33	-8.89	7.52	15.88
3	PTT08001A/CK81	9.27	0.87	16.98	9.31	26.65	15.94	9.22	-3.69	13.65	22.49
4	PTT08001A/CK120	7.44	4.95	7.83	0.76	16.74	7.16	0.95	-10.98	5.04	13.22
5	PTT08001A/CK168	5.76	-3.44	13.70	6.46	23.34	13.02	6.46	-6.12	10.78	19.40
6	PTT08002A/RD31	1.66	-4.46	8.85	1.71	17.84	7.97	1.71	-10.31	5.84	14.07
7	PTT08002A/SPR1	2.13	-5.98	11.90	4.56	21.14	11.20	4.75	-7.63	9.00	17.48
8	PTT08002A/CK81	9.26	1.75	18.00	10.26	27.75	17.26	10.46	-2.60	14.94	23.88
9	PTT08002A/CK120	5.77	4.95	7.83	0.76	16.74	7.27	1.05	-10.90	5.14	13.33
10	PTT08002A/CK168	5.32	-2.58	14.95	7.41	24.44	13.82	7.22	-5.45	11.57	20.26
11	PTT08003A/RD31	1.53	-2.67	10.88	3.61	20.04	10.19	3.80	-8.47	8.01	16.42
12	PTT08003A/SPR1	-0.82	-6.83	10.88	3.61	20.04	10.29	3.90	-8.38	8.11	16.52
13	PTT08003A/CK81	6.58	1.75	18.00	10.26	27.75	16.85	10.08	-2.93	14.54	23.45
14	PTT08003A/CK120	5.62	6.93	9.86	2.66	18.98	9.08	2.76	-9.39	6.92	15.25
15	PTT08003A/CK168	2.93	-2.58	14.95	7.41	24.44	13.62	7.03	-5.62	11.37	20.04

ตารางผนวกที่ 3 ค่าความดีเด่นลักษณะจำนวนรวงต่อกอของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	จำนวนรวงต่อกอ									
		ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ							
				สายพันธุ์เปรียบเทียบ			สายพันธุ์มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน				
				RDH1	PTT1	PSL2	HSO1	HSO17	HSLY26	HS98	HS99-5
1	PTT08001A/RD31	8.33	8.33	30.00	18.18	44.44	59.52	59.52	30.10	30.10	39.58
2	PTT08001A/SPR1	-8.33	-8.33	10.00	0.00	22.22	34.52	34.52	9.71	9.71	17.71
3	PTT08001A/CK81	-5.26	-25.00	-10.00	-18.18	0.00	11.90	11.90	-8.74	-8.74	-2.08
4	PTT08001A/CK120	10.00	-8.33	10.00	0.00	22.22	28.57	28.57	4.85	4.85	12.50
5	PTT08001A/CK168	5.26	-16.66	0.00	-9.09	11.11	16.67	16.67	-4.85	-4.85	2.08
6	PTT08002A/RD31	-12.00	-15.38	10.00	0.00	22.22	35.71	35.71	10.68	10.68	18.75
7	PTT08002A/SPR1	-20.00	-23.07	0.00	-9.09	11.11	21.43	21.43	-0.97	-0.97	6.25
8	PTT08002A/CK81	-10.00	-30.76	-10.00	-18.18	0.00	9.52	9.52	-10.68	-10.68	-4.17
9	PTT08002A/CK120	-4.76	-23.07	0.00	-9.09	11.11	22.62	22.62	0.00	0.00	7.29
10	PTT08002A/CK168	0.00	-23.07	0.00	-9.09	11.11	17.86	17.86	-3.88	-3.88	3.13
11	PTT08003A/RD31	-15.38	-21.42	10.00	0.00	22.22	25.00	25.00	1.94	1.94	9.38
12	PTT08003A/SPR1	-15.38	-21.42	10.00	0.00	22.22	30.95	30.95	6.80	6.80	14.58
13	PTT08003A/CK81	-14.28	-35.71	-10.00	-18.18	0.00	7.14	7.14	-12.62	-12.62	-6.25
14	PTT08003A/CK120	9.09	-14.28	20.00	9.09	33.33	39.29	39.29	13.59	13.59	21.88
15	PTT08003A/CK168	-4.76	-21.42	0.00	-9.09	11.11	21.43	21.43	-0.97	-0.97	6.25

ตารางผนวกที่ 4 ค่าความดีเด่นลักษณะความยาวรวงของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	ความยาวรวง									
		ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ							
				สายพันธุ์เปรียบเทียบ			สายพันธุ์มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน				
				RDH1	PTT1	PSL2	HSO1	HSO17	HSLY26	HS98	HS99-5
1	PTT08001A/RD31	5.40	3.57	3.57	3.57	3.57	8.15	6.96	14.51	22.69	14.51
2	PTT08001A/SPR1	9.09	7.14	7.14	7.14	7.14	10.00	8.79	16.47	24.79	16.47
3	PTT08001A/CK81	7.40	3.57	3.57	3.57	3.57	5.93	4.76	12.16	20.17	12.16
4	PTT08001A/CK120	8.00	-3.57	-3.57	-3.57	-3.57	0.37	-0.73	6.27	13.87	6.27
5	PTT08001A/CK168	32.07	25.00	25.00	25.00	25.00	30.37	28.94	38.04	47.90	38.04
6	PTT08002A/RD31	5.40	3.57	3.57	3.57	3.57	7.78	-74.51	14.12	22.27	14.12
7	PTT08002A/SPR1	5.40	3.57	3.57	3.57	3.57	7.78	-67.80	14.12	22.27	14.12
8	PTT08002A/CK81	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	-82.56	9.80	17.65	9.80
9	PTT08002A/CK120	8.00	-3.57	-3.57	-3.57	-3.57	-0.37	-102.68	5.49	13.03	5.49
10	PTT08002A/CK168	5.66	0.00	0.00	0.00	0.00	5.19	6.00	11.37	19.33	11.37
11	PTT08003A/RD31	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	8.89	7.69	15.29	23.53	15.29
12	PTT08003A/SPR1	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	9.63	8.42	16.08	24.37	16.08
13	PTT08003A/CK81	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	2.93	10.20	18.07	10.20
14	PTT08003A/CK120	5.88	-3.57	-3.57	-3.57	-3.57	-1.48	-2.56	4.31	11.76	4.31
15	PTT08003A/CK168	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	4.81	3.66	10.98	18.91	10.98

ตารางผนวกที่ 5 ค่าความดีเด่นลักษณะจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง									
		ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ							
				สายพันธุ์เปรียบเทียบ			สายพันธุ์มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน				
				RDH1	PTT1	PSL2	HSO1	HSO17	HSLY26	HS98	HS99-5
1	PTT08001A/RD31	28.57	25.73	9.61	40.16	26.66	54.05	-15.34	4.90	-1.72	35.71
2	PTT08001A/SPR1	16.54	13.28	3.84	32.78	20.00	54.74	-19.80	-0.61	-6.89	28.57
3	PTT08001A/CK81	-9.00	-32.86	23.07	57.37	42.22	72.97	-4.95	17.79	10.34	52.38
4	PTT08001A/CK120	4.93	-9.57	8.97	39.34	25.92	53.15	-15.84	4.29	-2.29	34.92
5	PTT08001A/CK168	0.62	-12.90	3.84	32.78	20.00	45.94	-19.80	-0.61	-6.89	28.57
6	PTT08002A/RD31	-7.58	-12.92	-17.94	4.91	-5.18	15.31	-36.63	-21.47	-26.43	1.56
7	PTT08002A/SPR1	-4.13	-5.44	-10.89	13.93	2.96	25.22	-31.18	-14.72	-20.11	10.31
8	PTT08002A/CK81	-15.93	-36.36	16.66	49.18	34.81	63.96	-9.90	11.65	4.59	44.44
9	PTT08002A/CK120	8.05	-3.72	16.02	48.36	34.07	63.06	-10.39	11.04	4.02	43.65
10	PTT08002A/CK168	8.90	-2.68	16.02	48.36	34.07	63.06	-10.39	11.04	4.02	43.65
11	PTT08003A/RD31	-6.66	-10.00	-19.23	3.27	-6.66	13.51	-37.62	-22.69	-27.58	0.00
12	PTT08003A/SPR1	-1.06	-2.09	-10.25	14.75	3.70	26.12	-30.69	-14.11	-19.54	11.11
13	PTT08003A/CK81	-7.51	-31.11	26.28	61.47	45.92	77.47	-2.47	20.85	13.21	56.34
14	PTT08003A/CK120	5.48	-7.97	10.89	41.80	28.14	55.85	-14.35	6.13	-0.57	37.30
15	PTT08003A/CK168	1.84	-10.75	6.41	36.06	22.96	49.54	-17.82	1.84	-4.59	31.74

ตารางผนวกที่ 6 ค่าความดีเด่นลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี									
		ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ			ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ				
				สายพันธุ์เปรียบเทียบ			สายพันธุ์มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน				
				RDH1	PTT1	PSL2	HSO1	HSO17	HSLY26	HS98	HS99-5
1	PTT08001A/RD31	0.59	-3.40	3.65	2.40	0.00	1.19	-4.49	-5.55	-7.60	-2.29
2	PTT08001A/SPR1	0.00	-3.44	2.43	1.20	-1.17	0.00	-5.61	-6.66	-8.69	-3.44
3	PTT08001A/CK81	5.52	4.87	4.87	3.61	1.17	2.38	-3.37	-4.44	-6.52	-1.14
4	PTT08001A/CK120	9.31	8.64	7.31	6.02	3.52	4.76	-1.12	-2.22	-4.34	1.14
5	PTT08001A/CK168	12.34	12.34	10.97	9.63	7.05	8.33	2.24	1.11	-1.08	4.59
6	PTT08002A/RD31	-3.48	-5.68	1.21	0.00	-2.35	-1.19	-6.74	-7.77	-9.78	-4.59
7	PTT08002A/SPR1	-0.58	-2.29	3.65	2.40	0.00	1.19	-4.49	-5.55	-7.60	-2.29
8	PTT08002A/CK81	1.20	0.00	2.43	1.20	-1.17	0.00	-5.61	-6.66	-8.69	-3.44
9	PTT08002A/CK120	8.53	5.95	8.53	7.22	4.70	5.95	0.00	-1.11	-3.26	2.29
10	PTT08002A/CK168	9.09	7.74	9.75	8.43	5.88	7.14	1.12	0.00	-8.69	3.44
11	PTT08003A/RD31	-2.92	-5.68	1.21	0.00	-2.35	-1.19	-6.74	-7.77	-9.78	-4.59
12	PTT08003A/SPR1	1.17	-1.14	4.80	3.61	1.17	2.38	-5.61	-4.44	-6.52	-1.14
13	PTT08003A/CK81	6.66	6.02	7.31	6.02	3.52	4.76	-1.12	-2.22	-4.34	1.14
14	PTT08003A/CK120	10.42	8.43	9.75	8.43	5.88	7.14	1.12	0.00	-8.69	3.44
15	PTT08003A/CK168	8.53	7.22	8.53	7.22	4.70	5.95	0.00	-1.11	-3.26	2.29

ตารางผนวกที่ 7 ค่าความดีเด่นลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวลูกผสม ปลูกเปรียบเทียบในฤดูที่ 5 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2555)

ลำดับที่	คู่ผสม	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด									
		ค่าความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยสายพันธุ์พ่อแม่	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด	ค่าความดีเด่นเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ							
				สายพันธุ์เปรียบเทียบ			สายพันธุ์มาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน				
				RDH1	PTT1	PSL2	HSO1	HSO17	HSLY26	HS98	HS99-5
1	PTT08001A/RD31	4	-10.71	13.63	-7.40	-7.40	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71
2	PTT08001A/SPR1	8.69	-3.84	13.63	-7.40	-7.40	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71
3	PTT08001A/CK81	6.38	-7.40	13.63	-7.40	-7.40	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71
4	PTT08001A/CK120	11.62	4.34	9.09	-11.11	-11.11	-17.24	-17.24	-14.28	-11.11	-14.28
5	PTT08001A/CK168	14.89	0.00	22.72	0.00	0.00	-6.89	-6.89	-3.57	0.00	-3.57
6	PTT08002A/RD31	4.16	-10.71	13.63	-7.40	-7.40	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71
7	PTT08002A/SPR1	8.23	-3.84	13.63	-7.40	-7.40	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71
8	PTT08002A/CK81	6.38	-7.40	13.63	-7.40	-7.40	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71
9	PTT08002A/CK120	11.62	4.34	9.09	-11.11	-11.11	-17.24	-17.24	-14.28	-11.11	-14.28
10	PTT08002A/CK168	10.63	-3.70	18.18	-3.70	3.70	-10.34	-10.34	-7.14	-3.70	-7.14
11	PTT08003A/RD31	12.50	-3.57	22.72	0.00	0.00	-6.89	-6.89	-3.57	0.00	-3.57
12	PTT08003A/SPR1	8.69	-3.84	13.63	-7.40	-7.40	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71
13	PTT08003A/CK81	10.63	-3.70	18.18	-3.70	3.70	-10.34	-10.34	-7.14	-3.70	-7.14
14	PTT08003A/CK120	11.62	4.34	9.09	-11.11	-11.11	-17.24	-17.24	-14.28	-11.11	-14.28
15	PTT08003A/CK168	6.38	0.00	0.00	0.00	0.00	-13.79	-13.79	-10.71	-7.40	-10.71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พชระ แสงสวงค์
วัน เดือน ปีเกิด	19 กรกฎาคม 2524
ที่อยู่	135 หมู่ 18 ตำบลโซ่ อำเภอโซ่พิสัย จังหวัดบึงกาฬ 38170
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัญฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปี พ.ศ. 2547
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2549 – 2550 ตำแหน่งนักวิชาการเกษตร กลุ่มวิจัยพัฒนาธนาคารเชื้อพันธุ์พืชและจุลินทรีย์ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2550 – ปัจจุบัน ตำแหน่งนักวิชาการเกษตร กลุ่มวิชาการ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ผลงานทางวิชาการ	การนำเสนอผลงานภาคบรรยาย ในหัวข้อ “การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสม” การประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ประจำปี 2555. 20-22 มีนาคม 2555 ณ โรงแรมหินสวย- น้ำใส รีสอร์ท อำเภอแกลง จังหวัดระยอง