



วิทยานิพนธ์

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C- cms ในข้าวโพด
โดยวิธีผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ

**DEVELOPMENT OF MALE STERILE C-CMS IN MAIZE
BY EARLY GENERATION BACKCROSSING**

นายทงสิน วงศ์ประสม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชไร่

สาขา

พืชไร่

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C-cms ในข้าวโพดโดยวิธีผสมกลับ และ
ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ

Development of Male Sterile C-cms in Maize by Early Generation Backcrossing

นามผู้วิจัย นายทองสิน วงศ์ประสม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์วาสนา วงษ์ใหญ่, D.Agr.)

กรรมการ

(อาจารย์สรรเสริญ จำปาทอง, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์, M.S.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวีตะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C- cms ในข้าวโพดโดยวิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะ
การผสมในช่วงแรกๆ

Development of Male Sterile C-cms in Maize by Early Generation Backcrossing

โดย

นายทนงสิน วงสีประสม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

ทองสิน วงสีประสม 2550: การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C-cms ในข้าวโพด โดยวิธีผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่ภาควิชาพืชไร่ภาชรรณกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์วาศนา วงษ์ใหญ่, D.Agr. 72 หน้า

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) ชนิด C – cms ในข้าวโพดด้วยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ โดยผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (สายพันธุ์ B) 1 สายพันธุ์ (Ki 28 N) และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (สายพันธุ์ R) 45 สายพันธุ์ ได้คู่ผสม 45 คู่ ปลูกลูกรุ่นที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน 2547 และ มกราคม 2548 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และ ข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ตามลำดับ ได้คัดเลือกต้นข้าวโพดรุ่นที่ 2 ที่มีลักษณะที่ต้องการเพื่อนำไปพัฒนาสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B โดยผสมสายพันธุ์ A (Ki 28 C) ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดกับสายพันธุ์ B ที่ใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อถ่ายทอดพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันให้กับต้นข้าวโพด F_2 ปลูกลูก F_1 ของคู่ผสม A x F_2 เพื่อจำแนกต้น F_2 ว่าเป็นสายพันธุ์ B หรือ สายพันธุ์ R ถ้า F_1 เป็นหมัน แสดงว่าต้น F_2 เป็นสายพันธุ์ B ถ้า F_1 มีเกสรผู้ปกติ ต้น F_2 เป็นสายพันธุ์ R ต้น F_1 ที่เป็นหมันคือสายพันธุ์ A ใหม่ (A_1) คัดเลือกต้น F_2 ที่เป็นสายพันธุ์ B ได้ 14 สายพันธุ์ ขณะเดียวกันผสมกลับสายพันธุ์ A_1 กับสายพันธุ์ B (F_2) ที่เป็นคู่กัน ได้ลูก F_1 (BC_1) หรือ A_2 สร้างลูก topcross โดยผสมระหว่างสายพันธุ์ A_2 กับสายพันธุ์ทดสอบ (สายพันธุ์ R) 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Ki 21 , Kei 0403 และ Kei 0504

การทดสอบผลผลิตของลูก topcross 42 คู่ผสม และ สายพันธุ์ B 14 สายพันธุ์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 2 ซ้ำ สายพันธุ์ ลูก topcross ที่ให้ผลผลิต 10 อันดับแรกมีค่าระหว่าง 820 – 957 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก มีค่าระหว่าง 173 – 359 กิโลกรัมต่อไร่ ลูก topcross ที่ให้ผลผลิต 10 อันดับแรก มาจากสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิต 10 อันดับแรก 5 สายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในอันดับ 2 , 5 , 7 , 8 และ 10 โดยที่ผลผลิตลูก topcross อยู่ในอันดับ 1 และ 5 , 3 และ 9, 2 และ 7 , 6 และ 8 ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตอันดับ 1 ให้ลูก topcross กับสายพันธุ์ทดสอบ Ki 21 , Kei 0403 และ Kei 0504 อันดับที่ 21 , 23 และ 40 ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงว่าการคัดเลือกสายพันธุ์ A โดยพิจารณาจากผลผลิต สายพันธุ์ B อาจไม่ได้สายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีก็ได้ จะเห็นได้ว่าการคัดเลือกสายพันธุ์ A จากผลผลิตลูก topcross ซึ่งเป็นการคัดเลือกสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A จะถูกต้องมากกว่า นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวสามารถพัฒนาสายพันธุ์ B และ R ไปพร้อมๆกับสายพันธุ์ A ได้ ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการพัฒนาสายพันธุ์ A ตามวิธีปกติประมาณ 6 – 8 ฤดูปลูก รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายด้วย ดังนั้นการพัฒนาสายพันธุ์ A ด้วยวิธีการนี้น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม และ นำไปใช้ในการพัฒนาข้าวโพดลูกผสมต่อไป

Thanongsinh Vongsipasom 2007: Development of Male Sterile C-cms in Maize by Early Generation Backcrossing. Master of Science (Agriculture), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Wasana Wongyai, D.Agr. 72 pages.

Early generation backcrossing was used to development male sterile C – cms cytoplasm (A – line) in maize. The maintainer line (Ki 28 N, B – line) was crossed to the forty – five restorer lines (R – line). Forty – five F_1 crosses were obtained and were grown in September 2004. The F_2 generation of these crosses were grown in January 2005 at the National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong District, NakornRatchasima Province. F_2 plants with desirable traits were selected for improving A and B lines. To transfer cms to F_2 plants, the crosses of the male sterile line (Ki 28 C, A – line) and the selected F_2 were made. F_1 of the crosses of A x F_2 were grown to classified the selected F_2 plants into B or R lines. F_1 plant is male sterile, it means that F_2 plant is B – line. In the case F_1 plant in male fertile, it means that F_2 plant is R – line. F_1 plant being male sterile is the new A – line (A_1). The fourteen F_2 plants (B – line) were selected and then backcross to the isogenic A_1 - line. The BC_1F_1 or A_2 – lines were obtained. Forty – two topcross were made by crossing between A_2 - line and tester, Ki 21 , Kei 0403 and Kei 0504

Forty – two topcross and fourteen B - lines were tested for their yielding ability in randomized complete block design with two replications. Yield of the topten topcross ranged from 820 – 957 kg/rai while it ranged from 173 – 359 kg/rai in the topten B - lines. The topten topcross yield derived from five lines of the topten B – lines. The rank of five B lines was 2 , 5 , 7 , 8 and 10 and yield of topcross rank at 1 and 5 , 3 and 9 , 2 and 7 , 6 and 8 respectively. The first rank of B – line yield gave the rank of topcross yield of the testers , Ki 21 , Kei 0403 and Kei 0504 at 21 , 23 and 40 respectively. The results studied revealed that selection A line based on yield of B - line would not select the A - line with good combining ability. It is concluded that selection A – line with good combining ability by considering topcross yield is better than based on yied of B – line . In addition, the early generation backcrossing method can develop A , B and R – lines at the sametime. This breeding method gave 6 – 8 years less than the traditional method for development A – line. It also reduced the expense for research work. Thus, this method is efficiency and suitable for development hybrid in maize

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วาสนา วงษ์ใหญ่ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. สรรเสริญ จำปาทอง กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก และ รองศาสตราจารย์
อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ในการศึกษาการทดลอง
ตลอดจนตรวจแก้ไข ปัญหาพิเศษให้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี และ ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์
ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำ และ แก้ไขวิทยานิพนธ์ ในการสอบ
สัมภาษณ์ครั้งสุดท้ายให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตร
ศาสตร์ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ และ วัสดุอุปกรณ์ ตลอดระยะเวลาทำการวิจัย และ ตลอดจนผู้ใช้
แรงงานทุกท่านที่ให้ความสนับสนุนช่วยเหลืออย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุก ๆ คน ที่ให้กำลังใจ อุปการะ
และ สนับสนุนด้วยดีตลอดมา

ทนงสิน วงศ์ประสม

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	17
ผลการทดลองและวิจารณ์	25
สรุป	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ภาคผนวก	62

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block	24
2	ผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรบางลักษณะของลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	29
3	ผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรบางลักษณะของสายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 (F ₄) จำนวน 14 สายพันธุ์ และ พันธุ์เปรียบเทียบ 1 พันธุ์	34
4	ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A ₂ กับ สายพันธุ์ทดสอบ Ki 21 จำนวน 14 กลุ่มผสม และ อันดับผลผลิตของลูก topcross และ สายพันธุ์ B	38
5	ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A ₂ กับ สายพันธุ์ทดสอบ Kei 0403 จำนวน 14 กลุ่มผสม และ อันดับผลผลิตของลูก topcross และ สายพันธุ์ B	39
6	ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A ₂ กับ สายพันธุ์ทดสอบ Kei 0504 จำนวน 14 กลุ่มผสม และ อันดับผลผลิตของลูก topcross และ สายพันธุ์ B	40
7	อันดับผลผลิตของลูก topcross ของสายพันธุ์ B (สายพันธุ์ A) ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก	41
8	ตารางเปรียบเทียบลูก topcross 10 ที่ให้ผลผลิตสูงอันดับแรก และ สายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัย ข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	43
9	การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู และ การติดเมล็ดของลูก topcross 14 กลุ่มผสม ที่จัดเป็น complete restorer มีเปอร์เซ็นต์ละอองเรณูที่มีชีวิต ระหว่าง 80 – 100 เปอร์เซ็นต์ ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	51
10	การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู และ การติดเมล็ดของลูก topcross 17 กลุ่มผสมที่จัดเป็น partial restorer มีเปอร์เซ็นต์ ละอองเรณูที่มีชีวิตระหว่าง 60 – 79.9 เปอร์เซ็นต์ ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และ ข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู และ การติดเมล็ดของลูก topcross 11 กลุ่ม ที่จัดเป็น partial sterile มีเปอร์เซ็นต์ละอองเรณูที่มีชีวิตระหว่าง 1 – 59.9 เปอร์เซ็นต์ ปลุกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	56
ตารางผนวกที่		
1	ผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรที่ศึกษาของลูก topcross ระหว่างสายพันธุ์ A ₂ (BC ₂) กับสายพันธุ์ทดสอบ 3 สายพันธุ์ จำนวน 42 กลุ่ม และพันธุ์ร่วมทดสอบ 6 พันธุ์ ปลุกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	63

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการรักษาสายพันธุ์ A และ B การขยายเมล็ดสายพันธุ์ A และ การผลิตลูกผสม โยไซ์เพศผู้เป็นหมันระบบไซโตพลาสซึม	12
2	ขั้นตอนการปรับปรุงสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน โดยวิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ ในข้าวโพด	21
3	ละอองเรณูที่มีชีวิต (fertile pollen) ที่ย้อมสีด้วยสาร I-KI ติดสีน้ำตาลเข้มของ 8 กลุ่มผสม ที่จัดเป็น complete fertile	52
4	ละอองเรณูที่มีชีวิต (fertile pollen) ที่ย้อมสีด้วยสาร I-KI ติดสีน้ำตาลเข้มของ 6 กลุ่มผสมที่จัดเป็น partial restorer	53
5	ละอองเรณูที่มีชีวิต (fertile pollen) ที่ย้อมสีด้วยสาร I-KI ติดสีน้ำตาลเข้มของ 11 กลุ่มผสม ที่จัดเป็น partial sterile	54
ภาพผนวกที่		
1	ลักษณะช่อดอกตัวผู้ของลูก topcross ที่อับเรณูแตกทำให้ละอองเรณูปกติ	69
2	ลักษณะช่อดอกตัวผู้ของลูก topcross ที่อับเรณู ไม่แตกทำให้เพศผู้เป็นหมัน	70
3	ลักษณะทรง ต้น และ ฝัก ของลูก topcross ที่ให้ผลผลิต 10 อันดับแรก	71

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C-cms ในข้าวโพดโดยวิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ

Development of Male Sterile C-cms in Maize by Early Generation Backcrossing

คำนำ

ปัจจุบันพันธุ์ข้าวโพดที่ปลูกในประเทศไทยประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว และมีจำหน่ายหลายพันธุ์ ทั้งส่วนของทางราชการและ บริษัทเอกชน (DOA, 2006) โดยที่ข้าวโพดพันธุ์ ต่าง ๆ เหล่านี้เป็นผลจากการที่นักปรับปรุงพันธุ์ได้พัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ เพื่อมุ่งหวังที่จะเพิ่มผลผลิต และ ปรับปรุงคุณภาพข้าวโพดให้ดีขึ้นรวมทั้งมีความต้านทานต่อโรค และ แมลง ในปัจจุบันการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมข้าวโพดต้องถอดดอกตัวผู้ (detassel) ของสายพันธุ์ที่ใช้เป็นสายพันธุ์แม่ออกก่อนการผสมละอองเกสรจากสายพันธุ์พ่อซึ่งต้องใช้แรงงานจำนวนมาก และ ค่า แรงงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี และ ในบางครั้งอาจมีปัญหาแรงงานไม่พอ ดังนั้นการนำพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันระบบไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, cms) มาใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ไม่ต้องถอดดอกตัวผู้ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิต สำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมโดยใช้พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันระบบไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, cms) นี้มีสายพันธุ์ที่เกี่ยวข้องในการผลิต 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (male sterile line, A - line) เป็นสายพันธุ์แม่ สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (maintainer line, B - line) เป็นสายพันธุ์คู่แฝดกับสายพันธุ์ A มีเกสรผู้ปกติ และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (restorer line, R-line) เป็นสายพันธุ์พ่อ ในข้าวโพด พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันระบบ cms ที่เคยนำมาใช้สำหรับปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมีทั้งหมด 3 ชนิดคือ T - cms , S - cms และ C - cms แต่ที่นำมาใช้มากที่สุดคือ T - cms ในปลายศตวรรษที่ 60 ข้าวโพดลูกผสมในอเมริกาได้จากการใช้สายพันธุ์ T - cms เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตลูกผสมประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1970 ได้เกิดโรคใบไหม้ (southern corn leaf blight) ระบาดเกิดความเสียหายรุนแรง และ โรคใบไหม้ นี้ทำความเสียหายกับข้าวโพดลูกผสมที่ใช้ cms เป็นสายพันธุ์แม่ ต่อมา ได้ยกเลิกการใช้สายพันธุ์ cms ในการผลิตข้าวโพดลูกผสม (Ullstrup, 1972)

การปรับปรุงพันธุ์ ลูกผสมที่ใช้พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมัน จะต้องพัฒนาสายพันธุ์ อินเบรด (inbred) ที่จะนำมาใช้เป็นสายพันธุ์แม่ คือ สายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ พ่อ คือ สายพันธุ์ R ซึ่งจะได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ตามปกติอยู่แล้ว หรือ ปรับปรุงพันธุ์พร้อมกับการพัฒนาสายพันธุ์ A และ B การพัฒนาสายพันธุ์ A ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ปกติ คือ พัฒนาสายพันธุ์ B ก่อนแล้วจึงนำสายพันธุ์ B ที่พัฒนาใหม่มาผสมกับสายพันธุ์ A เพื่อปรับปรุงสายพันธุ์ A ใหม่ และ เป็นสายพันธุ์คู่แฝดกับสายพันธุ์ B โดยใช้วิธีการผสมกลับแล้วจึงนำสายพันธุ์ A ที่พัฒนาได้มาผสมกับสายพันธุ์ R เพื่อพัฒนาลูกผสมต่อไป ซึ่งขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ ตามปกตินี้จะใช้เวลาประมาณ 13 – 15 ฤดูปลูก เพื่อพัฒนา สายพันธุ์ A สายพันธุ์ B และ ลูกผสม (วาสนา, 2547)

ธีรภัทร์ (2538) ได้พัฒนาสายพันธุ์ A โดยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ ด้วยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ B นำลูก F_1 ของกลุ่มผสม B x B ผสมกับสายพันธุ์ A เพื่อถ่ายทอดลักษณะเพศผู้เป็นหมันให้กับสายพันธุ์ B ได้พัฒนาสายพันธุ์ A ใหม่ และสายพันธุ์ B ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝด นำสายพันธุ์ A ที่ผสมกลับ 1 ครั้ง ผสมกับสายพันธุ์ ทดสอบเพื่อสร้างลูก top cross ผลการทดสอบผลผลิตลูก topcross พบว่า ลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงในอันดับแรกๆ บางกลุ่มผสมนั้น สายพันธุ์ B อาจไม่ได้ผลผลิตสูงในอันดับแรกๆ ด้วย และได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ A และ B เพื่อพัฒนาต่อไปควรพิจารณาจากลูกผสม top cross ซึ่งเป็นการคัดเลือกสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A น่าจะถูกต้องมากกว่า ชำรงศิลป์ (2531) ได้นำข้าวฟ่างสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B ที่มีลักษณะทางเกษตรที่ดี และมีสมรรถนะการผสมสูง จำนวน 39 สายพันธุ์ จากงานของธีรภัทร์ มาผสมกลับ อีก 3 ครั้ง จากนั้นผสมสายพันธุ์ A กับสายพันธุ์ทดสอบ 2 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีในชั่วแรก ๆ จะยังมีสมรรถนะการผสมที่ดีในชั่วต่อ ๆ มา อภิชาติ (2530) ได้ใช้วิธีการเดียวกับ ธีรภัทร์ ในการพัฒนาสายพันธุ์ A ในข้าวฟ่างแต่การพัฒนาสายพันธุ์ B ใช้การผสมระหว่างสายพันธุ์ B และ R ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับ ธีรภัทร์ นอกจากนี้ สุภาวิณี (2548) ได้ใช้วิธีการนี้เช่นเดียวกัน สำหรับ พัฒนาสายพันธุ์ A ในข้าว ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกัน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการพัฒนาสายพันธุ์ A ชนิด C - cms ในข้าวโพดโดยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ โดยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B และ สายพันธุ์ R ซึ่งน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาสายพันธุ์ B จากคู่ผสมระหว่าง สายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R
2. พัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) ชนิด C - cms พร้อมกับการพัฒนาสายพันธุ์ B โดยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ

การตรวจเอกสาร

พันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) หมายถึง ลูกในรุ่นแรกซึ่งได้จากการผสมระหว่าง สายพันธุ์ อินเบรด ตั้งแต่ 2, 3 หรือ 4 สายพันธุ์ ลูกผสมที่ได้เรียกว่า ลูกผสมเดี่ยว (single cross) ลูกผสมสามทาง (threeway cross) และลูกผสมคู่ (double cross) ตามลำดับ สำหรับอินเบรดที่จะให้ลูกผสมที่ดีนั้นต้องมีค่าสมรรถนะการผสม (combining ability) สูง (กฤษฎา, 2547) ในปัจจุบันประเทศไทย ปลุกข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวทั่วประเทศประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงถึง 800 กิโลกรัมต่อไร่ (DOA, 2006)

ความสำเร็จในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมนั้น เป็นผลเนื่องมาจากการนำประโยชน์ของเฮเทอโรซิส (heterosis) มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่ง Shull (1908) ให้ความหมายของเฮเทอโรซิสว่า เป็นการเพิ่มความแข็งแรง ขนาดผลผลิต อัตราการเจริญเติบโต และความต้านทานต่อศัตรูพืชเมื่อเปรียบเทียบกับการผสมตัวเอง ในสหรัฐอเมริกา มีการใช้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม 100 % มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 เป็นต้นมา (Hallauer and Miranda, 1981)

เฮเทอโรซิสในข้าวโพด

เฮเทอโรซิส หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ที่ได้มาโดยการผสมข้ามระหว่างพันธุ์พ่อแม่ที่มีฐานทางพันธุกรรมไม่เหมือนกัน หรือ ต่างกัน หรือ ไม่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือด จะแสดงความดีเด่นกว่าพ่อแม่ เช่น ความแข็งแรงในการเจริญเติบโต ความสามารถในการให้ผลผลิต คุณภาพ ความต้านทานต่อโรค และ แมลง ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่วิกฤติ (stress) การปรับตัวเองและลักษณะอื่น ๆ ที่ดีกว่าพ่อแม่ (Coors and Pandey, 1994)

การวัดเฮเทอโรซิสของลูกผสมโดยทั่วไปแล้วที่นิยมวัดมี 2 แบบ คือ ลักษณะของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (mid - parent) และ ลักษณะของลูกผสมที่ดีกว่าพ่อหรือแม่ที่แสดงลักษณะนั้นที่ดีกว่า (better parent) สำหรับในพืชผสมตัวเองเปรียบเทียบค่าเฮเทอโรซิส ระหว่างลูกผสมกับพ่อแม่ที่แสดงลักษณะนั้นดีกว่า ทั้งนี้เพราะลูกผสมที่ไม่ดีไปกว่าพ่อหรือแม่ที่เป็นพันธุ์แท้จะไม่มีประโยชน์ในการใช้พันธุ์ลูกผสม แต่พืชผสมข้ามการวัดเฮเทอโรซิสของลูกผสมที่ดีกว่าค่าเฉลี่ยพ่อแม่จะมีประโยชน์ในการใช้พันธุ์ในรูปแบบพันธุ์สังเคราะห์ (กฤษฎา, 2547)

Sprague and Eberhart (1977) พบว่า ปฏิกริยาขึ้นแบบบวกสะสม (cumulative effect) ในข้าวโพด มีความสำคัญเหนือกว่าพวกอื่น ๆ (non-additive genes) ซึ่งถึงแม้จะมีผลอยู่บ้าง แต่ก็เป็นส่วนน้อย และ สรุปว่า ยีนข่มสมบูรณมีความสำคัญมากกว่าพวกข่มเกิน ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม ตลอดจนการปรับปรุงประชากรผสมเปิดของข้าวโพด

Paternianni (1979) กล่าวว่า การผสมตัวเอง ลดความแข็งแรง และ สามารถในการให้ผลผลิตของสายพันธุ์แท้ การลดลงอย่างมากนี้เกิดในชั่วแรก และมีอัตราต่ำลงในชั่วต่อมา สายพันธุ์แท้จะมีผลผลิตหนึ่งในสามถึงหนึ่งในสี่ของพันธุ์ผสมปล่อย ผลผลิตเฉลี่ยของลูกผสมประมาณเท่ากับพันธุ์ผสมปล่อยที่นำมาสัดสายพันธุ์แท้ การผสมข้ามจะทำให้ลักษณะดีเด่นต่าง ๆ กลับคืนมาได้

Hallauer and Miranda (1981) สรุปว่า ยีนบวกสะสมของพวกข่มไม่สมบูรณ และ ข่มสมบูรณของ alleles ที่มีประสิทธิภาพสูง มีความสำคัญอย่างมากในการทำให้ข้าวโพดมีผลผลิตสูง ทั้งนี้ รวมถึงลักษณะทางปริมาณอื่น ๆ ด้วย

การทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ

สมรรถนะการผสม (combining ability) หมายถึง ความสามารถของแต่ละสายพันธุ์ในการให้ลูกผสมที่ดี สมรรถนะการผสม แบ่งออกเป็น สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) และ สมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) ซึ่งสมรรถนะการผสมทั่วไป หมายถึงคุณสมบัติของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่งโดยเฉลี่ยในการให้ลูกผสม สายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง เหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งของการสร้างสายพันธุ์อินเบรค ส่วนสมรรถนะการผสมเฉพาะ เป็นค่าบอกความดี หรือ ไม่ดี ของสายพันธุ์ในแต่ละคู่ผสม สายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมสูง สามารถนำมาใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ในการสร้างลูกผสม (Sprague and Tatum, 1942)

การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ มีความสำคัญต่อการสร้างสายพันธุ์ลูกผสมมาก เนื่องจากสายพันธุ์พ่อแม่ไม่ว่าจะมีลักษณะดีเด่นอย่างไรก็ตามเมื่อนำมาผสมพันธุ์กันแล้วให้ลูกผสมที่ไม่ดีก็ไม่มีประโยชน์ และ การคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่โดยการทดสอบสมรรถนะการผสมย่อมมีโอกาสที่จะได้ลูกผสมที่ดี และ ความดีเด่นของลูกผสมสูงกว่าลูกผสมที่ได้จากสาย

พันธุ์พ่อแม่ที่ไม่มีการทดสอบ วิธีการทดสอบสมรรถนะการผสมทำได้หลายวิธีคือ การทำ topcross testing โดยการผสมสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบสมรรถนะการผสมกับสายพันธุ์ที่เป็นตัวทดสอบ และวิธี diallel cross testing โดยการผสมสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบแบบพบกันหมด แล้วนำลูกผสมที่ได้ไปปลูกทดสอบวิเคราะห์หาสมรรถนะการผสมทั่วไป และ สมรรถนะการผสมเฉพาะ ในทางพันธุศาสตร์สมรรถนะการผสมทั่วไปเป็นการแสดงปฏิกิริยาของยีนแบบบวกสะสม และ สมรรถนะการผสมเฉพาะเป็นการแสดงปฏิกิริยาแบบบวกไม่สะสมรวมถึงอิทธิพลของยีนแบบข่ม และ ปฏิกิริยาของยีนต่างตำแหน่งด้วย (กฤษฎา, 2519)

Davis (1927) ได้เสนอการทดสอบรุ่นลูก เพื่อประเมินสมรรถนะของสายพันธุ์จากการ แสดงออกของลูกผสม โดยผสมพันธุ์ ระหว่างสายพันธุ์อินเบรคกับพันธุ์ผสมปล่อย (open - pollinated - variety) และนำลูกผสมที่ได้มาทดสอบ แต่ก็ไม่ได้รับการสนใจมากนัก Jenkins (1929) กล่าวว่าในระยะแรก ๆ ของการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมข้าวโพด จะมีสายพันธุ์อินเบรคเกี่ยวข้อง จำนวนไม่มากนัก ดังนั้น วิธีการทดลองอย่างง่าย ๆ เพื่อดูสมรรถนะในการผสมของสายพันธุ์อิน เบรคนั้น อาจทำได้ในรูปของลูกผสมเดี่ยว โดยการผสมสายพันธุ์อินเบรคแบบพบกันหมด ซึ่ง วิธีการนี้ต้องใช้ค่าใช้จ่าย และ แรงงานสูง จึงได้มีการพยายามหาวิธีที่ง่ายขึ้น Jenkins and Brunson (1932) ได้รายงานถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างอันดับของสายพันธุ์ อินเบรค เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยการแสดงผลของลูกผสมเดี่ยวเปรียบ เทียบกับการแสดงผลที่เกิดขึ้นจาก การผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์อินเบรคกับพันธุ์ผสมปล่อย โดยใช้สายพันธุ์อินเบรค 8 สายพันธุ์ และ ทดสอบในหลายสถานที่พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลผลิตของลูกผสมเดี่ยว และ ผลผลิตของลูกผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรคกับพันธุ์ผสมปล่อย มีค่าระหว่าง 0.53 ถึง 0.90 ดังนั้น การทดสอบลูกผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรค และ พันธุ์ผสมปล่อย สามารถใช้เป็นการทดสอบ เบื้องต้น เพื่อคัดทิ้งสายพันธุ์ที่ไม่ต้องการได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปราศจากความเสี่ยงที่จะต้อง สูญเสียสายพันธุ์ที่ดีไป สายพันธุ์อินเบรคที่ให้ผลผลิตต่ำเมื่อผสมกับตัวทดสอบ พบว่า จะให้ผลผลิต ต่ำในลูกผสมเดี่ยวด้วย สายพันธุ์อินเบรคที่ให้ผลผลิตสูงเมื่อผสมกับตัวทดสอบ พบว่า จะให้ผลผลิต สูงในลูกผสมเดี่ยวด้วย

Jenkins (1935) ได้รายงานผลของการใช้ topcross ในข้าวโพด 7 สายพันธุ์จากพันธุ์ Iodent และ 5 สายพันธุ์จากพันธุ์ Lancaster หลังจากการผสมตัวเองตั้งแต่ชั่วที่ 1 ถึง 8 ยก เว้น ชั่ว ที่ 7 ซึ่งไม่ได้ทดสอบ พบว่าค่าความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์มีมากกว่าปฏิกิริยาร่วมกันระหว่าง สายพันธุ์และชั่วของการผสมตัวเอง จากผลที่ได้นี้ Jenkins สรุปว่า สายพันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งแสดง

ลักษณะออกมาในชั่วแรก ๆ ของการผสมตัวเองแต่ละสายพันธุ์นั้น สามารถใช้การทดสอบในชั่วแรก ๆ เพื่อจำแนกสมรรถนะในการผสม และ สามารถคัดสายพันธุ์ที่ไม่ดีทิ้งได้ตั้งแต่เริ่มแรก สายพันธุ์ที่จะรักษาสายพันธุ์ที่คืนไว้ได้ในชั่วต่อ ๆ ไป

Lonnquist (1950) ได้ทดสอบสายพันธุ์ข้าวโพดที่คัดมาจากพันธุ์ Krug โดยผสมตัวเอง และผสมข้ามไปยังตัวทดสอบ จากข้อมูลการแสดงออกของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์ที่ยังไม่ผสมตัวเองกับตัวทดสอบ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีสมรรถนะการผสมสูงและต่ำ จากนั้นคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะสูงและต่ำจากแต่ละกลุ่ม การคัดเลือกในชั่วต่อมาจะคัดเลือกทั้งผลผลิตสูงและต่ำ จากผลการผสมตัวเอง 4 ชั่ว พบว่า สมรรถนะการผสมสามารถเปลี่ยนไปได้ เนื่องจากการคัดเลือกและการทดสอบ การคัดเลือกเพื่อให้มีสมรรถนะการผสมสูงและต่ำ โดยมีสายพันธุ์เริ่มแรกเป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะการผสมต่ำจะไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับการคัดเลือกเพื่อให้มีสมรรถนะการผสมต่ำในกลุ่มที่มีสมรรถนะการผสมสูง ดังนั้นการคัดเลือกในกลุ่มที่มีสมรรถนะการผสมต่ำจะไม่มีประโยชน์ใด ๆ การคัดเลือก และการทดลองต่อมาจะทำได้สำเร็จเฉพาะสายพันธุ์ที่แสดงสมรรถนะการผสมสูงในระยะแรกของการทดสอบเท่านั้น Wellhausen (1952) ได้เสนอข้อมูลที่ชี้ให้เห็นถึง การประเมินผลตั้งแต่ชั่วแรก ๆ ของสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมสูงเท่านั้นที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ Loeffel (1964, 1971) กล่าวว่าสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์จะคงอยู่ได้ดีตลอดชั่วต่าง ๆ ของการผสมตัวเอง Knott (1979) ได้เปรียบเทียบผลผลิต testcross ของสายพันธุ์เดียวกันเมื่อผสมตัวเอง 1 ครั้ง และ 8 ครั้ง โดยใช้สายพันธุ์ทดสอบ 5 สายพันธุ์ พบว่า ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดจากการผสมของสายพันธุ์ทดสอบกับสายพันธุ์ที่ผสมตัวเอง 1 ครั้ง ให้ผลผลิตสูงในลูกผสมที่เกิดจากการผสมของสายพันธุ์ทดสอบกับสายพันธุ์ อินเบรดที่ผสมตัวเอง 8 ครั้ง เช่นกัน ซึ่งเป็นการสนับสนุนประโยชน์ของการทดสอบสายพันธุ์ในชั่วแรก ๆ

Kambal and Webster (1965) ได้ศึกษา สมรรถนะการผสมของข้าวฟ่างสายพันธุ์ A 10 สายพันธุ์ โดยผสมกับสายพันธุ์ R 9 สายพันธุ์ รายงานว่า ค่าความแปรปรวนของสมรรถนะการผสมทั่วไป และ สมรรถนะการผสมจำเพาะ มีความสำคัญในการแสดงออกของลักษณะผลผลิตของข้าวฟ่างลูกผสมเดี่ยว

การผสมกลับ

การผสมกลับ หมายถึง การนำเอาลูกผสมที่ได้ผสมกลับไปยังพ่อ หรือ แม่ เพื่อเสริมลักษณะใดลักษณะหนึ่งเพียงไม่กี่ลักษณะเข้าไปยังพันธุ์พืชที่เห็นว่าดี อยู่แล้ว แต่ขาดลักษณะที่ต้องการบางลักษณะซึ่งเป็นการ ถ่ายทอดยีนจากสายพันธุ์หนึ่งไปยังพืชอีกสายพันธุ์หนึ่ง (Allard , 1960) ฤกษ์ญา (2547) กล่าวว่า การผสมกลับเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพ นอกจากนี้การผสมกลับทำให้สามารถกำหนดเปอร์เซ็นต์ของยีนจากสายพันธุ์ให้ยีนที่ต้องการ (non-recurrent parent) ไปยังสายพันธุ์รับ (recurrent parent) ก่อนการผสมตัวเอง เพื่อสกัดอินเบรด การปรับปรุงสายพันธุ์ โดยวิธีผสมกลับ อาจทำได้โดยตรงไปตรงตามขั้นตอนมาตรฐาน หรือ อาจซับซ้อน ขึ้นกับความอยากง่ายในการถ่ายทอดลักษณะ และ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ใช้ นอกจากนั้นการสร้างสายพันธุ์อินเบรด ทั้งสายพันธุ์ปกติและ สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน วิธีการพัฒนาสายพันธุ์ A เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมทำได้โดยการนำสายพันธุ์ B ที่ได้รับการปรับปรุงมาดีแล้ว กับสายพันธุ์ A เพื่อถ่ายทอดไซโตพลาสซึมที่เป็นหมันให้แก่สายพันธุ์ B แล้วนำลูกที่ได้ผสมกลับไปยังสายพันธุ์ A ประมาณ 6 ครั้ง หรือ มากกว่านั้น ผลสุดท้ายจะได้สายพันธุ์ A ที่มีลักษณะเหมือนสายพันธุ์ B ยกเว้นลักษณะเป็นหมันเพศผู้

พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมัน

ลักษณะเพศผู้เป็นหมัน (male sterility) หมายถึง ดอกไม่สามารถสร้างอับเรณูที่ทำหน้าที่ปกติได้ เช่น อับเรณูไม่แตก หรือ ไม่พัฒนาตามปกติ หรือ ละอองเกสรผู้เป็นหมัน (pollen sterility) หรือ ไม่มีการสร้างละอองเกสรผู้ แต่รังไข่ทำหน้าที่ปกติ การที่ละอองเกสรผู้ไม่พัฒนานั้น เนื่องจากการพัฒนาของ microspore ไม่ปกติ (วาสนา, 2547)

พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมันแบ่งเป็น 2 แบบ คือ พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส (genetic male sterility) และ พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, cms)

พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส หมายถึง ลักษณะที่อับเรณู และ ละอองเกสรผู้เป็นหมัน เนื่องจากยีนในนิวเคลียส เพศผู้เป็นหมันแบบนี้ส่วนมากควบคุมด้วยยีนแฝงหนึ่งตัว

ใช้สัญลักษณ์ ms ซึ่งอาจพบได้ในธรรมชาติ แต่อาจพบที่มียีนแฝงควบคุมมากกว่า 1 ตัว เช่น ใน ยาสูบ ลักษณะเป็นหมันควบคุมด้วยยีนแฝง 2 ตัว ms_1 และ ms_2 (กฤษณา, 2544)

พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึม หมายถึง ความเป็นหมันของเกสรตัวผู้ ที่ควบคุมด้วยไซโตพลาสซึม และ ยีนในนิวเคลียส ไซโตพลาสซึมที่เป็นสาเหตุให้เพศผู้เป็นหมัน เรียกว่า sterile cytoplasm (cms) ใช้สัญลักษณ์ S สำหรับไซโตพลาสซึม ที่ให้ละอองเกสรผู้ปกติ ใช้สัญลักษณ์ N ยีนที่ควบคุมความเป็นหมันของเพศผู้ส่วนมาก เป็นยีนแฝง ใช้สัญลักษณ์ rf อาจ พบ 1 หรือ 2 อัลลีล หรือ มากกว่าได้ เพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึม จะถ่ายทอดไปยังรุ่น ลูกได้ โดยผ่านทางไข่ (egg) เท่านั้น การทำงานของไซโตพลาสซึมที่เป็นหมัน จะเกี่ยวข้องกับ อิทธิพลของ ยีนแก้ความเป็นหมัน (fertility restoring gene) ที่อยู่บนโครโมโซมในนิวเคลียส ปฏิกริยาร่วมกันของยีนในนิวเคลียส และ ไซโตพลาสซึม เพื่อสร้างเพศผู้เป็นหมัน และ เพศผู้ปกติ มีดังนี้คือ

CMS, rf/rf x N or CMS, Rf/Rf	→	CMS, Rf/rf (all male fertile)
CMS, rf/rf x N or CMS, Rf/rf	→	{
		50% CMS, rf/rf (male sterile)
CMS, rf/rf x N , rf/rf	→	CMS, rf/rf (all male sterile)

พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึมนี้ส่วนมากจะนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุง พันธุ์ลูกผสม ทั้งพืชผสมตัวเอง และ พืชผสมข้าม เช่น ข้าว ข้าวฟ่าง หอมหัวใหญ่ ข้าวโพด และ ทานตะวัน เป็นต้น (วาสนา, 2547)

ลักษณะพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันระบบ cms ในข้าวโพดที่นำมาใช้ในการพัฒนาพันธุ์ ลูกผสมแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ C – cms; T – cms และ S – cms (Beckett, 1971; Duvick, 1965)

T – cms ค้นพบโดย Rogers and Edwardson, Texas Agriculture Experiment Station ในปี 1952 โดยพบในข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิด Golden June ของ Mexican แต่ต่อมาพบว่า T- cms นี้อ่อนแอ ต่อโรคใบไหม้ (Southern corn leaf blight)

S – cms หรือเรียกว่า USDA sterile cytoplasm ค้นพบโดย Jenkins จาก สายพันธุ์ หนึ่งของ Teopod maize และ มีการพัฒนาใช้เป็นการค้าโดย Jones *et al.* (1957) S-cms นี้จะต่างจาก T - cms และ มี ยีนแก้ความเป็นหมัน ที่ต่างกัน

C – cms มีการค้นพบหลังจาก T-cms และ S-cms โดยการใช้ restoration techniques ซึ่ง ตรวจพบโดย Beckett (1971) ในพันธุ์ของ Brazilian maize, Charrua and RB source

Ullstrup (1972) รายงานว่า ในปลายศตวรรษที่ 60 ในประเทศสหรัฐอเมริกา พื้นที่ปลูก ข้าวโพดลูกผสม ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นลูกผสมที่ผลิตจากสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน จนกระทั่ง ในปี 1970 ได้เกิดโรคใบไหม้ (southern corn leaf blight) ระบาดในข้าวโพดลูกผสมที่ใช้สายพันธุ์ cms เป็นสายพันธุ์แม่โดยเฉพาะ ชนิด T – cms ซึ่งจะอ่อนแอต่อโรคนี้น่ามากจึงทำให้การผลิต ข้าวโพดลูกผสมโดยใช้พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมันระบบ cms ยกเลิกไป

ยีนแก้ความเป็นหมัน

ยีนแก้ความเป็นหมัน (restorer to fertility gene , *Rf*) ของความเป็นหมันในไซโตพลาสซึม (sterile cytoplasm) ต้องมีความเฉพาะเจาะจงกับ ชนิดของ cms นั้น ๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกัน อย่างมากของยีนแก้ความเป็นหมันซึ่งมีความหลากหลายของพันธุกรรมของยีนในพืชแต่ละสปีชีส (species) และ ภายในพืชสปีชีสเดียวกัน ระบบแก้ความเป็นหมันจำแนกออกเป็น 2 แบบ คือ sporophytic และ gametophytic ระบบแก้ความเป็นหมันแบบ sporophytic เกิดขึ้นก่อนกระบวนการแบ่งเซลล์แบบ meiosis หรือ เกิดขึ้นใน sporophytic tissues ส่วนระบบแก้ความเป็นหมันแบบ gametophytic เกิดขึ้นหลังกระบวนการแบ่งเซลล์ของ microspores หรือ pollen grains ระบบแก้ ความเป็นหมันทั้ง 2 ระบบนี้นำไปสู่ความแตกต่างของรูปแบบการแก้ความเป็นหมัน พืชที่มีจำนวน โครโมโซม ปกติ ($2n$, diploid plant) ที่เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึม (cms) และสายพันธุ์แก้ ความเป็นหมันเป็น เฮเทอโรไซกัส (*Rf* / *rf*) ซึ่งจะสร้างละอองเกสรผู้ 2 ชนิด คือ *Rf* ซึ่งจะแก้ ความเป็นหมัน และ *rf* ไม่สามารถแก้ความเป็นหมัน ในกรณีระบบแก้ความเป็นหมันแบบ sporophytic แกมมีทของทั้ง 2 กลุ่ม จะทำหน้าที่ ในกรณีที่ดินพวก เฮเทอโรไซกัสของระบบแก้ ความเป็นหมันแบบ gametophytic เฉพาะพวกแกมมีทเท่านั้นที่จะทำหน้าที่แก้ความเป็นหมัน เนื่องจากความหลากหลายทางพันธุกรรมของระบบแก้ความเป็นหมัน จึงทำให้ยีนแก้ความเป็นหมัน

มีความแตกต่างกัน เช่น ยีนแก้ความเป็นหมันของไซโตพลาสซึม บางชนิด มี 1 หรือ 2 ยีน จึงจะทำให้ความเป็นหมันได้สมบูรณ์ การแก้ความเป็นหมันของระบบต้องการยีนมากกว่า 1 หรือ 2 ยีน (Kaser-Schneider, 2002) นอกจากนี้พวก modifying genes ก็มีผลต่อการแก้ความเป็นหมันที่สมบูรณ์ด้วย

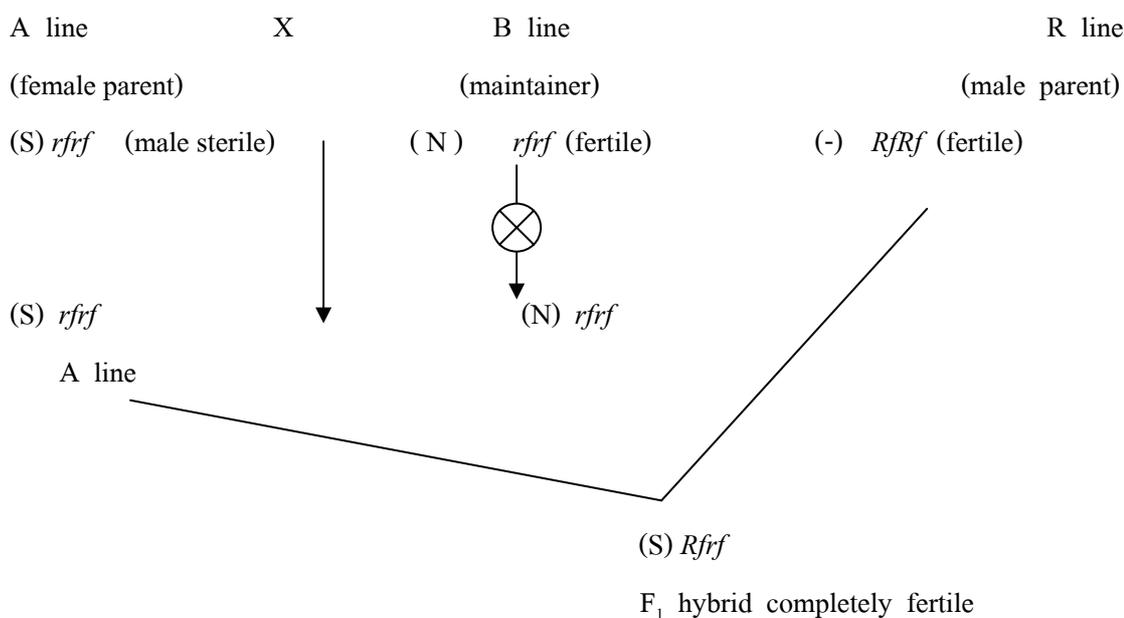
การแสดงออกของยีนที่ควบคุมความเป็นหมันของเพศผู้ จะควบคุมด้วย fertility restorer gene ในนิวเคลียส และยีนในไซโตพลาสซึม พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันระบบ cytoplasmic male sterility ในข้าวโพดที่นำมาใช้สำหรับปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมีทั้งหมด 3 ชนิดคือ T - cms , S - cms และ C - cms แต่ที่นำมาใช้มากที่สุดคือ T - cms ต่อมาคือ S - cms ยีนแก้ความเป็นหมัน ได้แก่ Rf_3 ยีนแก้ความเป็นหมันของพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันทั้ง 3 ชนิดนี้คือ C - cms ยีนแก้ความเป็นหมัน ได้แก่ Rf_4 , Rf_5 และ Rf_6 ; T - cms ยีนแก้ความเป็นหมัน ได้แก่ Rf_1 และ Rf_2 (Beckett, 1971; Duvick, 1965)

Kheyri - Pour และคณะ (1981) ได้ศึกษายีนแก้ความเป็นหมันชนิด C - cms ในข้าวโพด โดยใช้วิธีการผสมกับสายพันธุ์ R จำนวน 5 สายพันธุ์กับสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C-cms พบว่าสายพันธุ์ที่มียีน Rf_4 และ ยีนเดี่ยวสามารถแก้ความเป็นหมันได้ การแก้ความเป็นหมันชนิดนี้เกิดขึ้นใน sporophytic

Sisco (1991) ได้ศึกษาดำแหน่งยีน Rf_4 ซึ่งเป็นยีนแก้ความเป็นหมันในข้าวโพดโดยใช้เทคนิค RFLP (restriction fragment length polymorphism) เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งของยีน จากการศึกษาพบว่า ยีน Rf_4 ซึ่งยีนแก้ความเป็นหมันชนิด C - cms เป็นยีนเด่นคู่เดียวที่มีอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 8 ขนาดประมาณ 2 centimorgans โดยตำแหน่งที่อยู่ใกล้ยีน Rf_4 บนโครโมโซมแท่งที่ 8 สามารถ เพิ่มจำนวนได้บนโครโมโซมแท่งที่ 3 ดังนั้นยีนแก้ความเป็นหมันชนิด C - cms สามารถพบได้ในยีนแท่งที่ 3 เหมือนกันได้

การนำพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันระบบไซโตพลาสซึมมาใช้ในการพัฒนาลูกผสม

การพัฒนาลูกผสมโดยใช้พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันระบบไซโตพลาสซึม มีสายพันธุ์ที่เกี่ยวข้องในการผลิต 3 ชนิด คือ สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (male sterile line, A-line) สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (maintainer line, B-line) ซึ่งเป็นสายพันธุ์คู่แฝดกับสายพันธุ์ A แต่มีเพศผู้ปกติ และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (restorer line, R-line) ขั้นตอนผลิตเมล็ดพันธุ์ประกอบด้วย การขยายเมล็ดของสายพันธุ์ A โดยการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ A จะได้เมล็ดสายพันธุ์ A และ การผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมโดยการผสมระหว่างสายพันธุ์ A และสายพันธุ์ R โดยยีนแก้ความเป็นหมัน (fertility restoring gene) จาก R-line จะทำให้ละอองเกสรผู้ของต้นข้าวโพด F_1 ปกติ (fertility F_1 hybrid) ดังแผนภาพที่ 1 (วาสนา, 2547)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการรักษาสายพันธุ์ A และ B การขยายเมล็ดสายพันธุ์ A และ การผลิตลูกผสม โดยใช้เพศผู้เป็นหมันระบบไซโตพลาสซึม

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน โดยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน หรือ สายพันธุ์ A เพื่อให้มีผลผลิตสูง และ ลักษณะเกษตรที่ดีจากสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันที่มีอยู่แล้ว ขั้นตอนการทำงานทั่ว ๆ ไป คือ การปรับปรุงสาย

พันธุ์ B ก่อนการปรับปรุงสายพันธุ์ B โดยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ B หรือระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R และ ทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ B และ คัดเลือกสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูง และมีลักษณะทางเกษตรที่ต้องการ รวมระยะเวลาในการปรับปรุงสายพันธุ์ B ทั้งหมดประมาณ 7 ฤดูปลูก จากนั้นจึงนำสายพันธุ์ B ที่ปรับปรุงแล้วมาผสมกับสายพันธุ์ A เพื่อถ่ายทอดลักษณะความเป็นหมันให้กับสายพันธุ์ B เพื่อสร้างสายพันธุ์คู่แฝด (isogenic line หรือ identical genotype) ของสายพันธุ์ A และ B ด้วยการผสมกลับประมาณ 6 ครั้ง ต่อจากนั้นนำสายพันธุ์ A ที่ได้มาทดสอบสมรรถนะการผสม กับสายพันธุ์ทดสอบเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมสูงเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมต่อไป ระยะเวลาในการปรับปรุงสายพันธุ์ A ทั้งหมดประมาณ 7 ฤดูปลูก ดังนั้นรวมเวลาการพัฒนาสายพันธุ์ A ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ปกติจะใช้เวลาประมาณ 15 ฤดูปลูก (วาสนา, 2547)

House (1980) กล่าวว่า การปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง เพื่อให้ได้สายพันธุ์ A ที่มีลักษณะที่ดี จำเป็นต้องมีสายพันธุ์ B ที่มีลักษณะที่ดี จากนั้นจึงถ่ายทอดลักษณะเพศผู้เป็นหมันจากสายพันธุ์ A โดยการผสมกลับประมาณ 6 ครั้ง ผลสุดท้ายจะได้สายพันธุ์ A ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสายพันธุ์ B ซึ่งเป็นสายพันธุ์คู่แฝดกัน

ธีรภัทร์ (2528) ได้พัฒนาข้าวฟ่างสายพันธุ์ A โดยใช้วิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ ด้วยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ B แบบพบกันหมด ปลูกลูก F_1 และ ผสมลูก F_1 กับสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน IS1056A เพื่อถ่ายทอดลักษณะเพศผู้เป็นหมัน ได้สายพันธุ์ A ใหม่ ให้สัญลักษณ์ A_1 ผสมกลับไปยังสายพันธุ์ B ที่คัดเลือกไว้ ในช่วงที่ 2 เพื่อสร้างสายพันธุ์คู่แฝด A และ B และ นำสายพันธุ์ A ที่ได้จากการผสมกลับครั้งที่ 1 ผสมกับพันธุ์ทดสอบ KU.518 เพื่อสร้างลูก topcross นำลูก topcross สายพันธุ์ B มาปลูกทดสอบผลผลิต การคัดเลือกสายพันธุ์ B โดยดูผลจากการทดสอบผลผลิตลูก topcross ผลการศึกษาพบว่าสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูงบางสายพันธุ์ ไม่ได้มีสมรรถนะการผสมสูงด้วย และได้แนะนำว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ A โดยดูจากลักษณะผลผลิตสายพันธุ์ B เพียงอย่างเดียวอาจทำให้การคัดเลือกไม่ถูกต้องได้

ธีรภัทร์ (2531) ได้นำข้าวฟ่างสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี และมีสมรรถนะการผสมสูง จำนวน 39 สายพันธุ์ จากงานของธีรภัทร์ มาผสมกลับอีก 3 ครั้ง จากนั้นผสมสายพันธุ์ A กับสายพันธุ์ทดสอบ KU 518 และ KU 509-2 พบว่า สายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีในช่วงแรก ๆ จะยังมีสมรรถนะการผสมที่ดีในช่วงต่อ ๆ มาแสดงให้เห็นว่าการ

คัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีโดยการทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ และคัดเลือกจาก ค่าเฉลี่ยของตัวทดสอบหลาย ๆ สายพันธุ์จะเป็นวิธีการคัดเลือกที่มีประสิทธิภาพ การใช้ตัวทดสอบหลาย ๆ สายพันธุ์ ทำได้โดยการรวมละอองเกสรก่อนผสมเพื่อลดปริมาณงาน และทำให้การคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่ดีในขั้นตอนสุดท้ายถูกต้องมากยิ่งขึ้น

อภิชาติ (2530) ได้พัฒนาข้าวฟ่างสายพันธุ์ A โดยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R และ ใช้วิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ ผลการทดลอง พบว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ A นั้น ควรจะพิจารณาคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมที่ให้ผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรที่ดีกับตัวทดสอบ ไม่ใช่ดูจากผลผลิตของสายพันธุ์ B เพียงอย่างเดียว และได้แนะนำว่า สายพันธุ์รักษาความเป็นหมันที่คัดเลือกไว้ใช้ในการผลิตข้าวฟ่างลูกผสม ควรจะมีผลผลิตของสายพันธุ์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง และ ที่สำคัญจะต้องมีสมรรถนะการผสมสูงด้วย นอกจากนี้องค์ประกอบผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรที่ดีของสายพันธุ์พ่อแม่ และ ลูกผสมเป็นสิ่งที่ต้องใช้ในการพิจารณาร่วมกับผลผลิตที่ได้ก่อนจะคัดเลือกสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง เพื่อเป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างลูกผสมต่อไป

สุภาวิณี (2548) ได้พัฒนา สายพันธุ์ A ในข้าวด้วยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ โดยผสมสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R พบว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ A โดยพิจารณาจากผลผลิตลูก topcross ซึ่งเป็นการคัดเลือกสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตสูงจะเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่ถูกต้องมากกว่า การคัดเลือกโดยพิจารณาจากสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตซึ่งอาจจะไม่ได้สายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมสูงก็ได้ และได้ให้ข้อเสนอแนะว่าวิธีการนี้ใช้เวลา และ ลดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาสายพันธุ์ A ซึ่งน่าจะทำการพัฒนา ลูกผสมโดยใช้พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมันที่มีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

สายพันธุ์ข้าวโพดที่ใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน มีดังนี้

1. สายพันธุ์ อินเบรคเพศผู้ปกติ (สายพันธุ์ R) ประกอบด้วย

1.1 สายพันธุ์ R จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่าง
แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 21 สายพันธุ์ ดังนี้

ลำดับ	สายพันธุ์ อินเบรค	ประวัติ สายพันธุ์
1	Ki 3	Suwan 1(S)C4-S8-1-5 (2001)
2	Ki 21	Pacific 9-S8-45
3	Ki 24	Suwan 1(S)C7-S8-2-2-3-3
4	Ki 27	Suwan 1(S)C8-S8-220-2
5	Ki 28	Suwan 1(S)C8-S8-233-1
6	Ki 32	Suwan 1(S)C9-S8-346-2 (Kei 8902)
7	Ki 33	Suwan 1(S)C9-S8-385-1 (Kei 8903)
8	Ki 34	Suwan 1(S)C9(L)(S)C1-S8-163-3-2-1-2(Kei 9001)
9	Ki 35	Suwan 3(S)C1-S8-140-2-2-1-2 (Kei 9002)
10	Ki 36	Suwan 3(S)C2-S8-102-1-1-4-3 (Kei 9003)
11	Ki 37	Suwan 3(S)C2-S8-194-1-1-1-1 (Kei 9004)
12	Ki 38	Suwan 3(S)C2-S8-302-3-1-1-1 (Kei 9005)
13	Ki 44	KS 6(S)C2-S8-366(Kei 9102)
14	Ki 45	{(Ki 21 x Tzi 15)-S2 x Ki 21}-S8-36-2-2-2(Kei 9304)
15	Ki 46	Suwan 1(S)C10(HLT)C1-F2-S8-159-1-1-1-1(Kei 9405)
16	Ki 47	KS 6(S)C3-F2-S8-554-2-1-2-1
17	Kei 9806	SW01E-203-17
18	Kei 0102	SW03L-B6-243-48
19	Kei 0306	SW03E-F14-237-7
20	Kei 0307	SW03E-F14-237-8
21	Nei 9008	SW02E-E2-201-6

1.2 สายพันธุ์ R จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด ภาควิชาพีชไร่นา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 24 สายพันธุ์

ลำดับ	สายพันธุ์ อินเบรค	ประวัติ สายพันธุ์
1	Agron 3	Uni-H9728-S9-14-5-2-1-B
2	Agron 4	Pioneer3013-S9-3-8-1-1-B
3	Agron 5	Pioneer3013-S9-11-2-2-1-B
4	Agron 7	Pacific700-S9-1-2-1-1-B
5	Agron 8	G5445A-S9-15-2-2-1-B
6	Agron 10	SW3853-S9-2-3-1-1-B
7	Agron 11	SW3853-S9-2-3-2-2-B
8	Agron 12	SW3853-S9-14-2-1-1-B
9	Agron 13	SW3853-S9-14-2-3-1-B
10	Agron 17	Pioneer3012-S9-14-7-2-1-B
11	Agron 18	Pioneer3012-S9-14-8-1-1-B
12	Agron 19	Cargill919-S9-4-3-2-1-B
13	Agron 20	Cargill919-S7-4-3-3-2-B
14	Agron 23	CP888-S9-6-1-1-1-B
15	Agron 27	G5445A-S9-17-3-1-B
16	Agron 30	Pioneer3013-S9-14-3-3-B
17	Agron 31	Pacific700-S9-2-4-1-B
18	Agron 32	G5445A-S9-17-3-1-B
19	Agron 33	SW3853-S9-17-3-1-B
20	Agron 37	Pop31-C4-S11-1-B
21	Agron 42	Pop 28 (HS)C6 – S12 - 21 - B
22	Agron 43	Pop 28 (HS)C6 – S12 - 129 - B
23	Agron 45	(M 3228 x Nei 9007) – S12 – 94 - B
24	Agron 47	(M 3228 x Nei 9007) – S12 – 132 - B

2. ข้าวโพดสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) ชนิด C – cms และสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (สายพันธุ์ B) ที่เป็นคู่แฝดกัน จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด ศูนย์วิจัยข้าวโพด และ ข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คือ Ki 28 C (สายพันธุ์ A) และ Ki 28 N (สายพันธุ์ B)
3. พันธุ์ทดสอบ 3 สายพันธุ์ คือ Ki 21, Kei 0403 และ Kei 0504
4. พันธุ์ร่วมทดสอบลูกผสมเดี่ยว 6 สายพันธุ์ คือ NK40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2
5. ปุ๋ยสูตร 15 -15 - 15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และ ปุ๋ยสูตร 46 – 0 – 0 กิโลกรัมต่อไร่
6. ถูกลมข้อดอกตัวผู้ และ ข้อดอกตัวเมีย

วิธีการ

ฤดูปลูกที่ 1 (พฤษภาคม - สิงหาคม 254)

ปลูกสายพันธุ์ B , Ki 28 N จำนวน 20 แถว สายพันธุ์ R จำนวน 45 สายพันธุ์ ปลูก 5 แถว/สายพันธุ์ ผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ R กับสายพันธุ์ B โดยผสม 1 สายพันธุ์ ต่อ 5 ฝัก เก็บเกี่ยวเมล็ด F_1 ของกลุ่มผสมเหล่านั้นขณะเดียวกันเลือกต้นทั้งสายพันธุ์ B และ R อย่างละ 10 ต้นเพื่อผสมตัวเอง

ฤดูปลูกที่ 2 (กันยายน – ธันวาคม 2547)

นำเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1 seed) ของกลุ่มผสมระหว่างสายพันธุ์ B กับสายพันธุ์ R โดยนำลักษณะของฝักที่ดีของแต่ละสายพันธุ์อย่างละ 1 ฝัก ทั้ง 45 กลุ่มผสม มาปลูกจำนวน 2 แถว/สายพันธุ์ เลือกต้น F_1 ของแต่ละกลุ่มผสมจำนวน 5 ต้นผสมตัวเอง และ เก็บเกี่ยวฝักที่ผสมตัวเองของแต่ละกลุ่มผสม นำมากะเทาะเมล็ดรวมกัน

ฤดูปลูกที่ 3 (มกราคม – เมษายน 2548)

ปลูกลูกรุ่นที่ 2 (F_2) ทั้งหมด 45 คู่ผสม ปลูก 10 แถว/คู่ผสม และ ปลูกสายพันธุ์ A (Ki 28 C) 60 แถว คัดเลือกต้น F_2 ที่ดีผสมตัวเองจำนวน 5 ต้นต่อคู่ผสม ขณะเดียวกันผสมต้น F_2 ที่คัดเลือกกับสายพันธุ์ A 5 ต้นต่อ คู่ผสม เก็บเกี่ยวเมล็ดของแต่ละคู่ผสม และ เมล็ดที่ผสมตัวเอง

ฤดูปลูกที่ 4 (พฤษภาคม - สิงหาคม 2548)

นำเมล็ด F_1 ของคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ A_2 กับสายพันธุ์ F_2 ($A \times F_2$) ที่มีลักษณะทางเกษตรที่ดี และเมล็ด F_3 มาปลูกจำนวน 2 แถว / สายพันธุ์

ตรวจสอบละอองเกสรของต้น F_1 ถ้าละอองเกสรผู้เป็นหมันแสดงว่า ต้น F_2 ที่เลือกไว้อาจเป็นสายพันธุ์ B ถ้าลูก F_1 ละอองเกสรผู้ปกติ (fertile) แสดงว่าต้น F_2 ที่เลือกไว้เป็นสายพันธุ์ R

ขณะเดียวกันคัดเลือกต้น F_3 (สายพันธุ์ B) ที่ดี 3-5 ต้น ที่ให้ละอองเกสรผู้ปกติ ผสมกับต้น F_1 ที่ละอองเกสรผู้เป็นหมัน (A_1) ที่เป็นสายพันธุ์ B และ ผสมตัวเองของต้น F_3 ที่คัดเลือกไว้ เก็บเกี่ยวเมล็ดสายพันธุ์ A ผสมกลับครั้งที่ 1 (BC_1A_2) และเมล็ดผสมตัวเองรุ่นที่ 4 (F_4)

ฤดูปลูกที่ 5 (มกราคม – เมษายน 2549)

นำเมล็ด BC_1A_2 ของแต่ละคู่ผสม และเมล็ดรุ่นที่ 4 ของสายพันธุ์ B ที่คัดเลือกลักษณะทางการเกษตรที่ดีได้ทั้งหมด 14 คู่ผสม มาปลูกจำนวน 2 แถว/สายพันธุ์ และ สายพันธุ์ทดสอบ (tester) จำนวน 3 สายพันธุ์ คือ Kei 0504 , Kei 0403 และ Ki21

สร้างลูก topcross โดยผสมระหว่างสายพันธุ์ A (BC_1A_2) กับ สายพันธุ์ ทดสอบทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้เมล็ด F_1 ของคู่ผสม topcross ทั้งหมด 42 คู่ผสม ขณะเดียวกันผสมระหว่าง BC_1A_2 กับ สายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 (F_4) ที่เป็นสายพันธุ์คู่แข่งของแต่ละสายพันธุ์ ได้เมล็ดสายพันธุ์ A ที่ผสมกลับ 2 ครั้ง (BC_2A_3) และ ผสมตัวเองของสายพันธุ์ B รุ่นที่ 4

ฤดูปลูกที่ 6 (มิถุนายน – กันยายน 2549)

ทดสอบผลผลิตของลูก topcross เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมสูงใช้แผนการทดลองแบบ Randomized complete block (RCBD) จำนวน 2 ซ้ำ ปลูก 2 แถว/สายพันธุ์ พันธุ์ร่วมทดสอบลูกผสมเดี่ยว 6 สายพันธุ์ คือ NK40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 โดยปลูก 2 สายพันธุ์ topcross สลับด้วยพันธุ์ร่วมทดสอบ 1 สายพันธุ์ คือ Suwan 4452

ทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ B รุ่นที่ 5 เพื่อใช้เปรียบเทียบกับคัดเลือกสายพันธุ์ A ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 2 ซ้ำ ปลูก 2 แถว/สายพันธุ์ พันธุ์ร่วมทดสอบ 1 สายพันธุ์ Ki 28N

ปลูกสายพันธุ์ $BC_2(A_3)$ และ สายพันธุ์ B รุ่นที่ 5 (F_5) เพื่อผสมกลับครั้งที่ 3 ขั้นตอนการปรับปรุงสายพันธุ์ A โดยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ ในข้าวโพด แสดง ไว้ ภาพที่ 2

การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู

การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณูของลูก topcross ทั้ง 42 คู่ผสม เพื่อเป็นการยืนยันว่าสายพันธุ์ทดสอบมีขึ้นแก่ความเป็นหมันกับสายพันธุ์ A ที่มีพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันแบบ C-cms และตรวจสอบการติดเมล็ดของกลุ่มผสม topcross โดยผสมตัวเอง จำนวน 3 ต้น / คู่ผสม

พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดอก (spikelet) จากช่อดอกตัวผู้ของลูก topcross จำนวน 42 คู่ผสม โดยเลือกช่อดอกของแต่ละสายพันธุ์ ประมาณ 40 ช่อ และ คัด เลือก 20 ดอกย่อยของแต่ละช่อดอก แช่ด้วยน้ำยา FAA เพื่อให้ละอองเรณูไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยการแบ่งเซลล์ และสามารถเก็บไว้ได้นาน

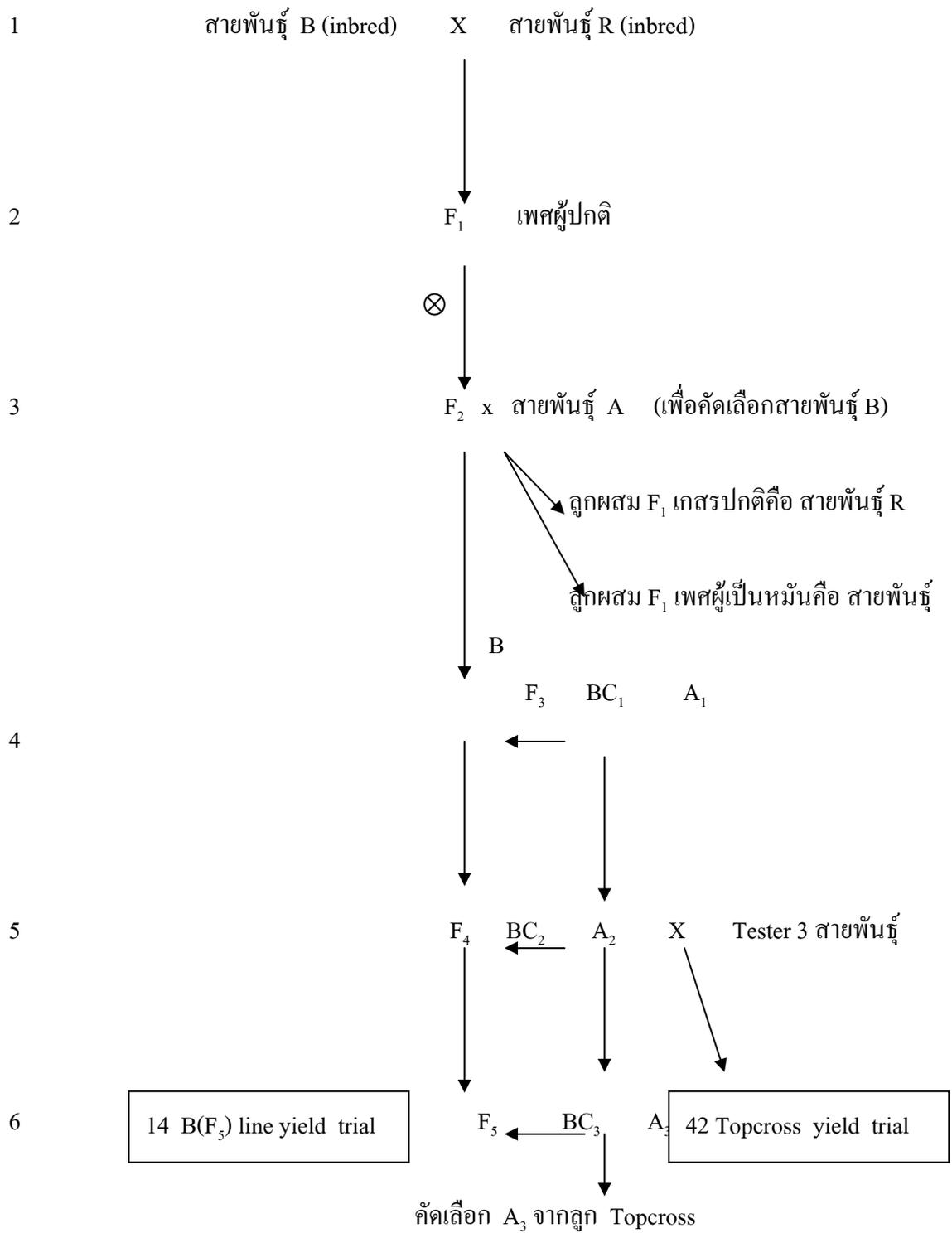
การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณูโดยใช้สีย้อมละอองเรณูที่เป็นส่วนผสมของ ไอโอดีน และ โปแตสเซียมไอโอไดด์ โดยเขียนละอองเรณูจากอับเรณูที่ต้องการตรวจสอบลงบน สไลด์ หยดสีย้อม I-KI จำนวน 1-2 หยด หลังจากนั้นใช้เข็มเขียนให้ละอองเรณูกระจายทั่วสีย้อม ปิดด้วยคัฟเวอร์สไลด์ และ ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อศึกษาความแตกต่างของ

ละอองเรณูที่ปกติ (fertile) และ ละอองเรณูที่เป็นหมัน (sterile) ละอองเรณูที่ติดสีข้อมสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งเป็นสีของไอ โอคิน จัดเป็นพวกที่ไม่เป็นหมัน (fertile) ส่วนละอองเรณูที่ไม่ติดสี หรือ ติดสีจางมาก และมีขนาดเล็กกว่าปกติ จัดเป็นพวกที่เป็นหมัน (sterile) เนื่องจากว่าละอองเรณูที่ติดสีข้อมเป็นสีน้ำตาลเข้มนั้นเพราะว่าละอองเกสรมี แป้งอยู่ในละอองนั้นส่วนที่ติดเป็นสีจางใสละอองเรณูไม่มีแป้งอยู่จึงไม่สามารถติดเป็นสีเข้มได้ หลังจากนั้นตรวจนับ 3 ครั้ง โดยเดือนสไลด์ไปมาเพื่อให้ การตรวจสอบ ละอองเรณูเป็นไปอย่างทั่วถึง นำจำนวนละอองเรณูที่ตรวจสอบได้ทั้ง 3 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมา คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของละอองเรณูที่มีชีวิต (fertile) ต่อละอองเรณูทั้งหมด โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ละอองเรณูที่มีชีวิต} = \frac{\text{จำนวนละอองเรณูที่มีชีวิต}}{\text{จำนวนละอองเรณูที่ตรวจสอบทั้งหมด}} \times 100$$

การจัดแบ่งกลุ่มความมีชีวิตของละอองเกสรผู้ (Classification of pollen fertility) ดัดแปลงจากวิธีการ Govindaraj และ Virmany , (1988) ดังนี้

Group	Class	Fertile pollen
1	Complete restorer	> 80 percent
2	Partial restorer	60 – 79.99 percent
3	Partial restorer (partial sterile)	1 – 59.9 percent



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการปรับปรุงสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน โดยวิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะ การผสมในชั่วแรก ๆ ในข้าวโพด

การบันทึกผลลักษณะที่ศึกษา

การบันทึกผล ลักษณะที่ศึกษามีดังนี้

1. วันออกไหม 50 % นับจากวันที่ให้น้ำครั้งแรกถึงวันที่ต้นข้าวโพดออกไหม 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดในแปลง

2. อายุวันออกดอกตัวผู้ 50% นับจากวันที่ให้น้ำครั้งแรกถึงวันที่ต้นข้าวโพดออกดอกตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดในแปลง

3. ผลผลิต ชั่งน้ำหนักฝักสุกแก่ทั้งหมดในแปลงแล้วปรับเป็นกิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้นของเมล็ด 15 เปอร์เซ็นต์ กำหนดจากสูตร

$$\text{ผลผลิตเมล็ด (กก / ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักฝักแก่} \times (100 - \% \text{ ความชื้น}) \times (\% \text{ กะเพาะ}) \times 1600}{(100 - 15) \times \text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ตารางเมตร)}}$$

1. ความสูงต้น วัดจากพื้นดินถึงข้อของใบธงโดยสุ่มวัด 10 ต้น ต่อ สายพันธุ์ ในช่วงเวลา ก่อนการเก็บเกี่ยว มีหน่วยเป็นเซนติเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย

2. ความสูงฝัก วัดจากพื้นดินของข้อที่ติดฝักบนสุด โดยสุ่มวัด 10 ต้น ต่อสายพันธุ์ ในช่วงเวลา ก่อนวันเก็บเกี่ยว มีหน่วยเป็นเซนติเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย

3. เปอร์เซ็นต์ต้นหัก นับจำนวนต้นหักล้มในแปลง ในวันที่เก็บเกี่ยว แล้วแปลงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมด

4. เปอร์เซ็นต์ต้นล้มการหักล้มเนื่องจากโรค ให้เป็นคะแนน ดูจากจำนวนต้นที่เอนจากแนวตั้งมากกว่า 30 องศาลงมา

5. บันทึกความต้านทานโรคทางใบ แบ่งเป็นระดับคะแนน ดังนี้คือ
1. ต้านทานโรค
 2. ต้านทานโรคปานกลาง
 3. ก่อนข้างต้านทานโรค
 4. ก่อนข้างไม่ต้านทานโรค
 5. ไม่ต้านทานโรค
6. ลักษณะของเปลือกหุ้มฝัก บันทึกก่อนเก็บเกี่ยว 1-3 สัปดาห์ โดยให้คะแนน 1-5

คือ

1 = เปลือกหุ้มฝักดีที่สุด มีเปลือกหุ้มฝักยาว หุ้มฝักได้มิดชิด

5 = เปลือกหุ้มฝักไม่ดี มีเปลือกหุ้มฝักสั้น ทำให้เมล็ดข้าวโพดโผล่พ้น เปลือกหุ้มฝักไม่มีมิดชิด

6. ความชื้นของเมล็ด โดยสุ่มจำนวน 10 ฝัก จากแต่ละสายพันธุ์ มากะเทาะเมล็ดแล้ว สุ่มเมล็ด 100 กรัม มาวัดความชื้นด้วยเครื่อง Steinlite

7. เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ คำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก} \times 100}{\text{น้ำหนักฝัก}}$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ใช้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (RCB) ตามแบบจำลองทางสถิติของ สุรพล (2528) ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block.

Source of variation	df	MS
Replication (R)	$r - 1$	$\frac{R}{r-1}$
Treatments (T)	$t - 1$	$\frac{T}{r-1}$
Error (E)	$(r-1)(t-1)$	$\frac{E}{r-1}$
Total	$rt - 1$	

เมื่อ $r =$ จำนวนซ้ำ ซึ่งมี 2 ซ้ำ

$t =$ จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด ซึ่งมี 48 สิ่งทดลอง

สถานที่ และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการทดลอง

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

ระยะเวลาทำการวิจัย

การทดลองในแปลงปลูก เริ่มต้นการทดลอง พฤษภาคม 2547

สิ้นสุดการทดลอง กันยายน 2549

ผลการทดลองและวิจารณ์

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโพด โดยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ

การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน(สายพันธุ์ A) ของข้าวโพด โดยวิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ ของงานวิจัยนี้ คือ พัฒนาสายพันธุ์ B และ สายพันธุ์ A ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดไปพร้อม ๆ กัน โดยวิธีการผสมกลับ สำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ A จะคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมสูงโดยคัดเลือกจากการทดสอบผลผลิตของลูก topcross ระหว่างสายพันธุ์ A ใหม่ กับสายพันธุ์ทดสอบ (tester line) คือ สายพันธุ์ R 3 สายพันธุ์ได้แก่ Ki 21 , Kei 0403 และ Kei 0504

การวิจัยครั้งนี้มีสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B ที่นำมาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B ใหม่ จำนวน 1 สายพันธุ์เท่านั้น คือ Ki 28 N (สายพันธุ์ B) และ Ki 28 C (สายพันธุ์ A) นำสายพันธุ์ Ki 28 N มาผสมกับสายพันธุ์ R ทั้งหมด 45 สายพันธุ์ ได้คู่ผสมจำนวน 45 คู่ผสม นำลูก F_1 ของ 45 คู่ผสมมาปลูก และให้ผสมตัวเอง นำ F_2 ของคู่ผสมเหล่านี้มาปลูก จำนวน 2 แถวต่อคู่ผสม ขณะเดียวกันปลูกสายพันธุ์ Ki 28 C (สายพันธุ์ A) ด้วย คัดเลือกต้น F_2 ที่ดีของแต่ละคู่ผสม นำมาผสมกับสายพันธุ์ A เพื่อถ่ายทอดพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมัน C-cms ให้กับต้น F_2 ได้ทั้งหมด 167 คู่ผสม ขณะเดียวกันก็ผสมตัวเองของต้น F_2 ที่คัดเลือกไว้ นำลูก F_1 ของคู่ผสม A x F_2 มาปลูกเพื่อจำแนกต้น F_2 ว่าเป็นสายพันธุ์ B หรือ สายพันธุ์ R ถ้าลูก F_1 เป็นหมันแสดงว่าต้น F_2 เป็นสายพันธุ์ B เนื่องจากต้น F_2 ไม่มียีนแก้ความเป็นหมัน (restoring gene, Rf) เมื่อผสมกับสายพันธุ์ A จึงให้ลูก F_1 เป็นหมัน ($cms\ rf\ rf$) หรือ สายพันธุ์ A (วาสนา, 2547) ขณะเดียวกันถ้าลูก F_1 ให้เกสรผู้ปกติ แสดงว่ามียีนแก้ความเป็นหมัน (Rf) อยู่ และ ถ้าช่อดอกตัวผู้ให้ดอกที่มีเพศผู้ปกติหมดต้น F_2 นั้นน่าจะมียีนแก้ความเป็นหมัน Rf_4 (complete fertile) สำหรับในบางคู่ผสมจะพบว่าละอองเรณูของลูก F_1 มีละอองเรณูเพศผู้ปกติบางส่วน (partial fertile) แสดงว่ายีนแก้ความเป็นหมันอาจเป็น Rf_5 หรือ Rf_6 สำหรับสายพันธุ์ R ที่มียีน Rf_5 และ Rf_6 ที่จะแก้ความเป็นหมันสมบูรณ์จะต้องมียีนทั้ง 2 อยู่ในสายพันธุ์ นั้น (Kheyr – Pour และ คณะ 1981) ขณะเดียวกันผสมตัวเองของต้น F_2 ที่เป็นสายพันธุ์ B ด้วย ได้คัดเลือกสายพันธุ์ B ที่มีลักษณะดี จำนวน 14 สายพันธุ์ นำไปพัฒนาสายพันธุ์ A สายพันธุ์ใหม่ และ สายพันธุ์ B ที่เป็นสายพันธุ์ คู่แฝดกัน โดยนำสายพันธุ์ A ใหม่ทั้ง 14 สายพันธุ์ ผสมกลับครั้งที่ 1 (BC_1) กับสายพันธุ์ B รุ่นที่ 3 (F_3) ที่ได้จากต้น F_2 ของคู่ผสมนั้น ๆ สำหรับสายพันธุ์ ที่

จำแนกเป็นสายพันธุ์ R นำไปพัฒนาเป็นสายพันธุ์ อินเบรด (สายพันธุ์ R) เพื่อใช้ในการพัฒนาพันธุ์ ลูกผสมต่อไป

สำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี เพื่อนำไปปรับปรุงสายพันธุ์ อินเบรด A และ B ต่อไป คือ นำสายพันธุ์ A ที่ผสมกลับสายพันธุ์ B ครั้งที่ 1 (A_2) ผสมกับสายพันธุ์ ทดสอบ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Ki 21 , Kei 0403 และ Kei 0504 ได้ลูก topcross จำนวน 42 คู่ผสม นำมาทดสอบผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรและ คัดเลือกสายพันธุ์ A จากคู่ผสมของลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูง ขณะเดียวกันนำสายพันธุ์ A_2 ผสมกลับครั้งที่ 2 ไปหาสายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 (B_4) ที่เป็น คู่แฝดกัน ได้สายพันธุ์ A_3 ผสมกลับครั้งที่ 3

ผลผลิตของลูก topcross

การพัฒนาสายพันธุ์ อินเบรด โดยการคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี ในชั่วแรก ๆ พิจารณา ผลผลิตของลูก topcross เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ (Jenkin, 1935; Lomquist , 1950) สำหรับการพัฒนาสายพันธุ์ A เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์ อินเบรด พันธุ์แม่ในการผลิต พันธุ์ลูกผสมของข้าวฟ่าง และ ข้าว ได้นำวิธีการนี้มาใช้เช่นเดียวกัน และได้สายพันธุ์ A ที่มี สมรรถนะการผสมที่ดี และ นำไปใช้ในการพัฒนาลูกผสมต่อไป (ธีรภัทร์, 2528; อภิชาติ, 2530 ; คมสัน, 2537 และ สุภาวิณี, 2548)

การปลูกคู่ผสม topcross เพื่อทดสอบผลผลิตได้ปลูกพันธุ์ลูกผสม Suwan 4452 2 แถว สลับทุกๆ 2 คู่ผสมของลูก topcross เพื่อให้ละอองเรณูสำหรับสร้างเมล็ดในลูก topcross เนื่องจาก สายพันธุ์ อินเบรดที่ใช้เป็นต้นพ่อนั้นไม่ได้ตรวจสอบว่ามีอินแก่ความเป็นหมันกับไซโตพลาสซึม C-cms หรือไม่ แต่เป็นสายพันธุ์ อินเบรดที่มีสมรรถนะการผสมสูง ซึ่งนำมาเป็นสายพันธุ์ทดสอบ ผสมกับสายพันธุ์ A สำหรับคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี และ นำมาพัฒนาสาย พันธุ์ A และ B เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์แม่ สำหรับ สร้างพันธุ์ลูกผสมต่อไป

ผลผลิตลูก topcross จำนวน 42 คู่ผสม มีค่าระหว่าง 106-957 กิโลกรัมต่อไร่ คู่ผสม topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 957 กิโลกรัมต่อไร่ นั้นมีค่าน้อยกว่าพันธุ์เข้าร่วมทดสอบ NK40 ที่ ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 972 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1) ผลผลิตลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก และ ลักษณะทางเกษตรที่ศึกษา แสดงไว้ใน

(ตารางที่ 2) ผลผลิตมีค่าระหว่าง 793 – 957 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ เข้าร่วมทดสอบ 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์ Big 949 , Pac 999N และ NS2 ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 785 , 732 และ 560 กิโลกรัมต่อไร่ ลูก topcross 3 กลุ่ม ที่ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับ 1-3 ให้ผลผลิตเท่ากับ 957 , 935 และ 896 ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ Suwan 4452 ที่ให้ผลผลิตเท่ากับ 877 กิโลกรัมต่อไร่ กลุ่ม topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 957 กิโลกรัมต่อไร่ คือ (Ki 28 x Nei 9008) A₂ – 5 x Ki 21 แต่น้อยกว่าพันธุ์ เปรียบเทียบ NK 40 ที่ให้ผลผลิต 972 กิโลกรัมต่อไร่แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

กลุ่ม topcross ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรกนั้น ได้จากสายพันธุ์ทดสอบ Kei 0403 จำนวน 6 กลุ่ม และ จากสายพันธุ์ Kei 0504 จำนวน 5 กลุ่ม และ จากสายพันธุ์ทดสอบ Ki 21 จำนวน 4 กลุ่ม สำหรับสายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตลูก topcross สูงสุด ได้แก่ (Ki 28 x Nei 9008) A₂ – 5 สายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตลูก topcross 15 อันดับแรก พัฒนามาจากกลุ่มผสม Ki 28 x Nei 9008 จำนวน 3 สายพันธุ์ มาจากกลุ่มผสม Ki 28 x Agron 23 จำนวน 2 สายพันธุ์ มาจากกลุ่มผสม Ki 28 x Agron 43 จำนวน 2 สายพันธุ์ มาจากกลุ่มผสม Ki 28 x Agron 7 และ Ki 28 x Agron 27 กลุ่มละ 1 สายพันธุ์ (ตารางที่ 2)

สายพันธุ์ A จากกลุ่มผสม Ki 28 x Nei 9008 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ (Ki 28 x Nei 9008) A₂ – 1 ให้ลูก topcross 2 กลุ่มที่ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับ 11 และ 14 สายพันธุ์ (Ki 28 x Nei 9008) A₂ – 5 ให้ลูก topcross 3 กลุ่ม ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับ 1, 5 และ 15 และ สายพันธุ์ (Ki 28 x Nei 9008) A₂ – 14 ให้ลูก topcross 2 กลุ่ม ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับ 2, 7

สายพันธุ์ A จาก กลุ่มผสม Ki 28 x Agron 23 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ (Ki 28 x Agron 23) A₂ – 2 ให้ลูก topcross 3 กลุ่มที่ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับ 3, 9 และ 13 สายพันธุ์ (Ki 28 x Agron 23) A₂ – 6 ให้ผลผลิต topcross อยู่ในอันดับ 12

สายพันธุ์ A จาก กลุ่มผสม Ki 28 x Agron 43 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ (Ki 28 x Agron 43) A₂ – 1 และ (Ki 28 x Agron 43) A₂ – 3 ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับ 6 และ 8 ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ (Ki 28 x Agron 7) A₂ – 1 และ (Ki 28 x Agron 27) A₂ – 3 ให้ผลผลิตลูก topcross อยู่ในอันดับ 4 และ 10 ตามลำดับ

นำลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับ ไปเปรียบเทียบกับผลผลิตของสายพันธุ์ B 10 อันดับ เพื่อพิจารณาอันดับผลผลิตของสายพันธุ์ A ที่ให้ลูก topcross ทั้ง 10 อันดับ นั้น ตรงกับสายพันธุ์ B หรือ ไม่เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ A

สายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตลูก topcross สูง 10 อันดับแรก มาจากสายพันธุ์ (Ki 28 x Nei 9008) $A_2 - 5$, (Ki 28 x Nei 9008) $A_2 - 14$, (Ki 28 x Agron 23) $A_2 - 2$, (Ki 28 x Agron 43) $A_2 - 1$, (Ki 28 x Agron 43) $A_2 - 5$, (Ki 28 x Agron 7) $A_2 - 1$ และ (Ki 28 x Agron 27) $A_2 - 3$ ให้ลูก topcross จำนวน 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิต และ จัดอันดับของสายพันธุ์ Ki 21 , 0403 และ 0504 สายพันธุ์ที่ผสมกับสายพันธุ์ A ทั้งหมด 42 สายพันธุ์ พบว่า มี 2 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่อยู่ใน 10 อันดับแรกของสายพันธุ์ B คือ (Ki 28 x Nei 9008) $A_2 - 5$ x Ki 21 และ (Ki 28 x Agron 23) $A_2 - 2$ x Ki 21 อันดับผลผลิต 1 และ 9 (ตารางผนวกที่ 3), 3 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่อยู่ใน 10 อันดับแรกของสายพันธุ์ B คือ (Ki 28 x Nei 9008) $A_2 - 14$ x Kei 0403, (Ki 28 x Agron 43) $A_2 - 1$ x Kei 0403 และ (Ki 28 x Agron 43) $A_2 - 3$ x Kei 0403 อันดับผลผลิต คือ 2 , 6 และ 8 (ตารางผนวกที่ 4) และ 4 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่อยู่ใน 10 อันดับแรกของสายพันธุ์ B คือ (Ki 28 x Agron 23) $A_2 - 2$ x Kei 0504 , (Ki 28 x Agron 7) $A_2 - 1$ x Kei 0504 , (Ki 28 x Nei 9008) $A_2 - 5$ x Kei 0504 , (Ki 28 x Nei 9008) $A_2 - 14$ x Kei 0504 , (Ki 28 x Agron 27) $A_2 - 3$ x Kei 0504 และ อันดับผลผลิตคือ 3 , 4 , 5, 7 และ 10 (ตารางผนวกที่ 5) เมื่อพิจารณาทั้ง 3 สายพันธุ์ Ki 21 , 0403 และ 0504 ที่ใช้เป็น (tester) โดยผสมกับสายพันธุ์ A ที่พัฒนาใหม่นั้น พบว่าสายพันธุ์ ที่ผสมกับสายพันธุ์ A แล้วให้ผลผลิตลูก topcross ที่อยู่ใน 10 อันดับแรกมากที่สุด คือ Kei 0504 มี 5 สายพันธุ์ รองลงมา Kei 0403 มี 3 สายพันธุ์ และ Ki 21 มี 2 สายพันธุ์ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรที่ศึกษาของลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูง 15 อันดับแรก ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

No	คู่ผสม topcross	ผลผลิต กก./ไร่	อายุวันออกดอก		ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
			ตัวผู้	ตัวเมีย			
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Ki 21	957	56	55	197	119	101
2	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0403	935	58	53	187	125	103
3	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0504	896	56	55	211	127	107
4	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0504	871	57	55	182	118	102
5	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0504	851	55	54	194	116	100
6	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Kei 0403	848	57	55	187	119	103
7	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0504	846	57	54	185	118	102
8	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Kei 0403	844	56	57	206	123	103
9	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Ki 21	835	57	54	171	106	102
10	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0504	822	56	54	182	114	101

ตารางที่ 2 (ต่อ)

No	คู่ผสม topcross	ผลผลิต กก./ไร่	อายุวันออกดอก		ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
			ตัวผู้	ตัวเมีย			
11	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Ki 21	820	56	55	181	117	103
12	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Ki 21	814	57	55	213	121	105
13	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0403	812	55	53	177	110	102
14	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Kei 0403	811	55	54	208	118	104
15	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0403	793	56	55	201	111	102
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NK 40	972	57	56	207	127	103
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Suwan 4452	877	58	56	200	120	103
พันธุ์ร่วมทดสอบ	30A33	812	57	56	187	111	104
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Big 949	785	57	56	199	114	102
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Pac 999 N	732	57	55	185	108	105
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NS2	560	59	57	195	106	104
LSD 0.05		153.7	16.1	12	1.66	2.68	2.12
C.V.(%)		10.64	4.15	5.1	2.26	2.41	1

ตารางที่ 2 (ต่อ)

no	คู่ผสม topcross	เปอร์เซ็นต์		โรคทางใบ 1/ (คะแนน)	เปลือกหุ้มฝัก 2/ (ฝัก)	ความชื้น (%)	กะเทาะ %
		ต้นล้ม	ต้นหัก				
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Ki 21	9.5	9.5	3	0	21.5	83.8
2	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0403	0	14.2	2	1.5	19.7	81.8
3	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0504	2.4	30.1	3	1.5	16.4	85.5
4	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0504	0	7.1	3	3	19.9	81.0
5	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0504	0	9.5	3	1	19.5	81.1
6	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Kei 0403	0	33.3	4	0	19.8	81.1
7	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0504	4.8	0	3	1	18.8	80.6
8	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Kei 0403	0	23.8	3	3	16.2	83.0
9	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Ki 21	0	2.38	4	2.5	18.8	80.1
10	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0504	0	0	3	1	20.0	79.4

ตารางที่ 2 (ต่อ)

no	คู่ผสม topcross	เปอร์เซ็นต์		โรคทางใบ 1/ (คะแนน)	เปลือกหุ้มฝัก 2/ (คะแนน)	ความชื้น (%)	กระดาษ (%)
		ต้นล้ม	ต้นหัก				
11	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Ki 21	0	0	2	0	19.8	81.8
12	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Ki 21	0	19	3	2	16.8	80.2
13	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0403	0	33.3	3	2	18.9	80.8
14	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Kei 0403	14.3	35.7	4	0	16.7	84.5
15	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0403	7.14	90.5	4	2	15.4	84.0
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NK 40	16.7	14.28	4	0	19.6	83.2
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Suwan 4452	4.8	80.9	4	3	17.9	84.9
พันธุ์ร่วมทดสอบ	30A33	0	4.76	3	1.5	19.3	83.9
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Big 949	2.38	71.4	5	2	18.3	84.4
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Pac 999 N	0	28.6	4	1.5	18.4	85.7
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NS2	0	33.3	5	2.5	17.5	84.9
LSD 0.05		7.46	17.85	0.69	4.89	2.49	6.97
C.V.(%)		326.75	108.3	10.73	144.49	7.42	4.2

1/ ด้านทานโรคทางใบ 1 = โรคน้อยมาก ; 5 = โรคมากที่สุด

2/ เปลือกหุ้มฝัก 1 = เปลือกหุ้มฝักมิดชิด ; 5 = ปลายฝักโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝัก

ผลผลิตของสายพันธุ์ B

ผลผลิตของสายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 (F₄ line) ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ จำนวน 14 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์คู่แฝดกับสายพันธุ์ A₂ ที่ใช้เป็นสายพันธุ์แม่ ในการสร้างลูก topcross มีค่า ระหว่าง 71-359 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 3) โดยสายพันธุ์ (Ki 28 x Agron 43)B - 5 ให้ผลผลิตสูงสุด 359 กิโลกรัมต่อไร่ และ สายพันธุ์ (Ki 28 x Nei 9008)B - 7 ให้ผลผลิตต่ำสุด 71 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 ทั้ง 14 สายพันธุ์ มีจำนวน 9 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ B (Ki 28N) ที่ใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการพัฒนาสายพันธุ์ A และ B ใหม่ ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 174 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงว่าสายพันธุ์ A และ B ที่ปรับปรุงพันธุ์ ใหม่นี้ ใช้เป็นสายพันธุ์แม่ในการผลิตข้าวโพดลูกผสมมีศักยภาพที่เป็นไปได้

สายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 จำนวน 14 สายพันธุ์นี้ มีความสูงต้นระหว่าง 127-175 เซนติเมตร มีอายุวันออกดอกผู้ ระหว่าง 56 – 60 วัน และ วันออกดอกตัวเมีย ระหว่าง 55 – 61 วัน ในขณะที่พันธุ์ร่วมทดสอบ (Ki 28) มีอายุวันออกดอกตัวผู้ 60 วัน และ อายุออกดอกตัวเมีย 61 วัน อายุวันออกดอกตัวผู้ และ ตัวเมีย ของสายพันธุ์ B ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับอายุเก็บเกี่ยวสายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 จำนวน 14 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 101 -105 วัน มีเพียง 4 สายพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวเท่ากับสายพันธุ์ B พันธุ์ร่วมทดสอบ คือ (Ki 28 x Nei 9008)B - 2, (Ki 28 x Agron 7)B – 1, (Ki 28 x Agron 27)B – 3 และ (Ki 28 x Agron 43)B – 1 มีค่าเท่ากับ 105 วัน

ตารางที่ 3 ผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรบางลักษณะของสายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 (F₄) จำนวน 14 สายพันธุ์ และ พันธุ์เปรียบเทียบ 1 พันธุ์

No	คู่ผสมสายพันธุ์ B	ผลผลิต กก./ไร่	อายุวันออกดอก		ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
			ตัวผู้	ตัวเมีย			
1	(Ki 28 x Agron 43) – 5B	359	56	56	136	66	101
2	(Ki 28 x Nei 9008) – 5B	317	58	60	142	81	103
3	(Ki 28 x Agron 23) – 6B	306	58	60	148	82	103
4	(Ki 28 x Ki 27) – 8B	288	58	58	155	85	103
5	(Ki 28 x Agron 23) – 2B	278	57	57	160	90	102
6	(Ki 28 x Nei 9008) – 1B	260	56	55	159	77	101
7	(Ki 28 x Nei 9008) – 14B	238	57	57	148	77	102
8	(Ki 28 x Agron 43) – 1B	224	60	61	134	71	105
9	(Ki 28 x Ki 27) – 2B	214	58	58	128	72	103
10	(Ki 28 x Agron 43) – 3B	173	57	57	127	73	102
11	(Ki 28 x Nei 9008) – 2B	158	60	58	175	105	105
12	(Ki 28 x Agron 7) – 1B	143	60	61	163	83	105
13	(Ki 28 x Agron 27) – 3B	80	60	61	156	82	105
14	(Ki 28 x Nei 9008) – 7B	71	57	58	130	78	102
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Ki 28 N	174	60	61	140	78	105
LSD 0.05		54.91	2.7	2.12	12.29	10.21	2.7
C.V.(%)		11.43	2.17	1.69	3.86	5.91	1.22

1/ ด้านทานโรคทางใบ 1 = โรคน้อยมาก ; 5 = โรคมากที่สุด; 2/ เปลือกหุ้มฝัก 1 = เปลือกหุ้มฝักมิดชิด ; 5 = ปลายฝักโผล่พื้นเปลือกหุ้มฝัก

ตารางที่ 3 (ต่อ)

No	คู่ผสม	เปอร์เซ็นต์		โรคทางใบ 1/ (คะแนน)	เปลือกหุ้มฝัก 2/ (คะแนน)	ความชื้น (%)	กระดาษ (%)
		ต้นล้ม	ต้นหัก				
1	(Ki 28 x Agron 43) – 5B	0	0	3.25	0.5	12.5	71.2
2	(Ki 28 x Nei 9008) – 5B	0	6	4	1.5	12.15	78.4
3	(Ki 28 x Agron 23) – 6B	0	11.5	3.5	0.5	12.5	78.6
4	(Ki 28 x Ki 27) – 8B	3.5	2.5	3.5	2	12.1	71.8
5	(Ki 28 x Agron 23) – 2B	1.1	29	4	1	12.35	84.9
6	(Ki 28 x Nei 9008) – 1B	1	15	3.5	1	12.05	80.5
7	(Ki 28 x Nei 9008) – 14B	0	9.5	3.5	3	11.75	78.9
8	(Ki 28 x Agron 43) – 1B	0	8.5	4	0.5	12.5	79.1
9	(Ki 28 x Ki 27) – 2B	1.1	6.0	4.25	0.5	12.1	79.2
10	(Ki 28 x Agron 43) – 3B	0	12.0	4	0	11.95	78.4
11	(Ki 28 x Nei 9008) – 2B	0	0	3	0	12.7	56.9
12	(Ki 28 x Agron 7) – 1B	0	5.0	3.75	0	12.05	71.7
13	(Ki 28 x Agron 27) – 3B	0	1.5	3.75	0	11.95	63.0
14	(Ki 28 x Nei 9008) – 7B	0	24	4.25	0.5	10.6	68.7
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Ki 28 N	0	1.5	4	0	11.65	63.2
LSD 0.05		1.54	11.85	1.59	2.33	0.62	4.77
C.V.(%)		285.16	58.88	19.72	128.88	2.4	2.97

การคัดเลือกสายพันธุ์ A

การคัดเลือกสายพันธุ์ A ในการทดลองนี้ โดยพิจารณาจากผลผลิตของลูก topcross ของสายพันธุ์ A ที่ศึกษาจำนวน 14 สายพันธุ์ได้ผสมกลับกับสายพันธุ์ B ครั้งที่ 1 และ นำมาผสมกับสายพันธุ์ทดสอบ ซึ่งเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีตั้งแต่ช่วงแรก ๆ เมื่อได้สายพันธุ์ A ที่ดีจากลูก topcross ก็จะนำไปพัฒนาสายพันธุ์ A และ B ที่เป็นคู่แฝดกัน โดยผสมกลับสายพันธุ์ A กับสายพันธุ์ B และผสมตัวเองของสายพันธุ์ B เพื่อให้ได้สายพันธุ์ คู่แฝด B และ A ที่มีพันธุกรรมคงที่ หรือ เข้าสู่ homozygous เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาลูกผสมต่อไป

การทดสอบสมรรถนะของสายพันธุ์ A โดยใช้สายพันธุ์ อินเบรด 3 สายพันธุ์เป็นสายพันธุ์ทดสอบ (tester) ได้แก่ Ki 21, Kei 0403 และ Kei 0504 ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A ที่ผสมกลับ 1 ครั้ง (A_2) 14 สายพันธุ์ กับสายพันธุ์ทดสอบ Ki 21, Kei 0403 และ Kei 0504 โดยแยกลูก topcross ของแต่ละสายพันธุ์ทดสอบพร้อมอันดับผลผลิตของลูก topcross และ อันดับของสายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ A แสดงไว้ตารางที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ลูก topcross ที่ให้ผลผลิตตรงกับผลผลิตของสายพันธุ์ B มีอยู่ 1 คู่ผสม ได้แก่ (Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 14 ให้ผลผลิตลูก topcross อันดับ 7 (846 ก.ก./ไร่) และ สายพันธุ์ B ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับที่ 7 มีค่า 238 ก.ก./ไร่ (ตารางที่ 9)

เมื่อพิจารณา ผลผลิตลูก topcross 10 อันดับแรก พบว่า ลูก topcross ระหว่าง สายพันธุ์ A_2 กับสายพันธุ์ทดสอบ Ki 21 มีจำนวน 2 คู่ผสม คือ (Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 5 x Ki 21 และ (Ki 28 x Agron 23) A_2 - 2 x Ki 21 ให้ผลผลิตลูก topcross อันดับ 1 และ 9 และ ผลผลิตของสายพันธุ์ B อยู่ในอันดับ 2 และ 5 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) สำหรับลูก topcross ของคู่ผสมระหว่าง สายพันธุ์ A_2 กับสายพันธุ์ ทดสอบ Kei 0403 มี 3 คู่ผสม ได้แก่ (Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 14 x Kei 0403 ผลผลิตลูก topcross อยู่อันดับ 2 และ ผลผลิตของสายพันธุ์ B อยู่อันดับ 7 คู่ผสม (Ki 28 x Agron 43) A_2 - 1 x Kei 0403 และ (Ki 28 x Agron 43) A_2 - 3 Kei 0403 ให้ผลผลิตลูก topcross อันดับที่ 6 และ 8 ผลผลิตสายพันธุ์ B อันดับ 8 และ 10 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ลูก topcross ของสายพันธุ์ A_2 กับสายพันธุ์ ทดสอบ Kei 0504 มีจำนวน 3 คู่ผสม ดังนี้ (Ki 28 x Agron 23) A_2 - 2 x Kei 0504 , (Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 5 x Kei 0504 และ (Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 14 x Kei 0504 ให้อันดับผลผลิตลูก topcross ที่ 3 , 5 และ 7 และ อันดับผลผลิตสายพันธุ์ B ที่ 5 , 2 และ 7 ตามลำดับ ดังนั้นผลผลิตของลูก topcross 10 อันดับแรกที่ได้จากสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตอยู่ใน 10 อันดับแรก มีทั้งหมด 8 คู่ผสม และมีสายพันธุ์ B 5 สายพันธุ์จากสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตใน 10 อันดับแรก

สำหรับสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตอันดับ 1 ให้ผลผลิตลูก topcross ในกลุ่มผสมของสายพันธุ์ ทดสอบ Ki 21 , Kei 0403 และ Kei 0504 อันดับที่ 21 , 23 และ 40 ตามลำดับ (ตารางที่ 4 ,5 และ 6) ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าคัดเลือกสายพันธุ์ A โดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์ B อาจจะได้สายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี และ งานทดลองนี้ ใช้สายพันธุ์ ทดสอบ 3 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตอันดับหนึ่งให้ผลผลิตลูก topcross ที่ไม่ได้อยู่ใน 10 อันดับแรก เป็นการยืนยันผลการคัดเลือกสายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมสูงนั้นถูกต้อง โดยพิจารณาจากผลผลิตลูก topcross ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ชีรภัทร์ (2528) ; ช้างศิลป์ (2531) ; อภิชาติ (2530) ; กมสัน (2538) และ สุภาวิณี (2548)

สายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิต 10 อันดับแรกให้ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ ทดสอบ 3 สายพันธุ์ ในอันดับต่าง ๆ กัน (ตารางที่ 7) สายพันธุ์ B หรือ สายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตลูก topcross สูงใน 10 อันดับแรก มีจำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ (Ki 28 x Nei 9008)B – 5 , (Ki 28 x Agron23)B – 2 , (Ki 28 x Nei 9008)B – 14 , (Ki 28 x Agron43)B – 1 และ (Ki 28 x Agron43)B – 3 ซึ่งให้ผลผลิตสายพันธุ์ B ในอันดับ 2 , 5 , 7 , 8 และ 10 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ส่วนลูก topcross ที่ให้ผลผลิตอันดับ 4 และ 10 สายพันธุ์ B ให้ผลผลิตอยู่ในอันดับ 12 และ 13 ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 4 ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A₂ กับ สายพันธุ์ทดสอบ Ki 21 จำนวน 14
 กลุ่มสม และ อันดับผลผลิตของลูก topcross และ สายพันธุ์ B

อันดับ	กลุ่มสม	ผลผลิต กก/ไร่	อันดับผลผลิต ลูก topcross	อันดับผลผลิต สายพันธุ์ B
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Ki 21	957	1	2
2	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Ki 21	835	9	5
3	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Ki 21	820	11	6
4	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Ki 21	814	12	3
5	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Ki 21	774	16	10
6	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Ki 21	764	17	7
7	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 5 x Ki 21	731	21	1
8	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Ki 21	703	25	8
9	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 7 x Ki 21	703	26	14
10	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Ki 21	660	28	12
11	(Ki 28 x Ki 27)A ₂ - 8 x Ki 21	649	31	4
12	(Ki 28 x Ki 27)A ₂ - 2 x Ki 21	595	36	9
13	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 2 x Ki 21	435	41	11
14	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Ki 21	106	42	13

ตารางที่ 5 ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A₂ กับ สายพันธุ์ทดสอบ Ki 0403 จำนวน 14
 คู่ผสม และ อันดับผลผลิตของลูก topcross และ สายพันธุ์ B

ลำดับ	คู่ผสม	ผลผลิต กก/ไร่	อันดับผลผลิต ลูก topcross	อันดับผลผลิต สายพันธุ์ B
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0403	935	2	7
2	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Kei 0403	848	6	8
3	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Kei 0403	844	8	10
4	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0403	812	13	5
5	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Kei 0403	811	14	6
6	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0403	793	15	2
7	(Ki 28 x Ki 27)A ₂ - 8 x Kei 0403	741	19	4
8	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 5 x Kei 0403	717	23	1
9	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0403	715	24	12
10	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Kei 0403	673	27	3
11	(Ki 28 x Ki 27)A ₂ - 2 x Kei 0403	656	30	9
12	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0403	639	32	13
13	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 2 x Kei 0403	636	33	11
14	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 7 x Kei 0403	588	38	14

ตารางที่ 6 ผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A₂ กับ สายพันธุ์ทดสอบ Ki 0504 จำนวน 14 คู่ผสม และ อันดับผลผลิตของลูก topcross และ สายพันธุ์ B

ลำดับ	คู่ผสม	ผลผลิต กก/ไร่	อันดับผลผลิต ลูก topcross	อันดับผลผลิต สายพันธุ์ B
1	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0504	896	3	5
2	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0504	871	4	12
3	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0504	851	5	2
4	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0504	846	7	7
5	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0504	822	10	13
6	(Ki 28 x Ki 27)A ₂ - 8 x Kei 0504	756	18	4
7	(Ki 28 x Ki 27)A ₂ - 2 x Kei 0504	741	20	9
8	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Kei 0504	729	22	6
9	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 2 x Kei 0504	656	29	11
10	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 7 x Kei 0504	613	34	14
11	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Kei 0504	611	35	10
12	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Kei 0504	592	37	3
13	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Kei 0504	572	39	8
14	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 5 x Kei 0504	544	40	1

ตารางที่ 7 อันดับผลผลิตของลูก topcross ของสายพันธุ์ B (สายพันธุ์ A) ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก

อันดับผลผลิต สายพันธุ์ B	สายพันธุ์ B	อันดับผลผลิตลูก topcross		
		Ki 21	Ki 0403	Ki 0504
1	(Ki 28 x Agron 43)B – 5	21	23	40
2	(Ki 28 x Nei 9008)B – 5	1	15	5
3	(Ki 28 x Agron 23)B – 6	12	27	27
4	(Ki 28 x Ki 27)B – 8	31	19	18
5	(Ki 28 x Agron 23)B – 2	9	13	3
6	(Ki 28 x Nei 9008)B – 1	11	14	22
7	(Ki 28 x Nei 9008)B – 14	17	2	7
8	(Ki 28 x Agron 43)B – 1	25	6	39
9	(Ki 28 x Ki 27)B – 2	36	30	20
10	(Ki 28 x Agron 43)B - 3	16	10	35

เมื่อเปรียบเทียบสายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตลูก topcross สูง 10 อันดับแรก กับอันดับผลผลิตของสายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แฝดกัน ปรากฏว่าไม่มีสายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตกับสายพันธุ์ทดสอบทั้ง 3 สายพันธุ์อยู่ใน 10 อันดับแรกมีเพียงให้ลูก topcross กับ 2 สายพันธุ์เท่านั้น ได้แก่ (Ki 28 x Nei 9008)A₂ -5 , (Ki 28 x Nei 9008)A₂ -5 และ (Ki 28 x Agron 23)A₂ -2 ซึ่งได้ผลผลิตลูก topcross อยู่ในอันดับ 1 และ 5 , 2 และ 7 และ 3 และ 9 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) แต่อย่างไรก็ตาม การคัดเลือกสายพันธุ์ A โดยพิจารณาสมรรถนะการผสมจากผลผลิตลูก topcross ใช้สายพันธุ์ทดสอบ 1 หรือ 2 หรือรวมละอองเกสรของสายพันธุ์ทดสอบก็จะได้สายพันธุ์ A เหมือนกันแต่อันดับการให้ผลผลิตของลูก topcross อาจแตกต่างกัน (ชำรงศิลป์ 2538)

ดังนั้น จากผลการทดลองนี้แสดงว่า วิธีการพัฒนาสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B ไปพร้อมๆ กันโดยใช้วิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในช่วงแรก ๆ นั้นสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุง และ พัฒนาสายพันธุ์ A ในข้าวโพดได้ และ การคัดเลือกสายพันธุ์ A โดยพิจารณาผลผลิตของลูก topcross น่าจะเป็นการคัดเลือกที่ถูกต้องมากกว่าพิจารณาจากการคัดเลือกผลผลิตของสายพันธุ์ B ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดของสายพันธุ์ A นอกจากนี้สายพันธุ์ R ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์ A และ B เป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิต และ ลักษณะเกษตรต่างๆ ที่ดี ถึงแม้ว่ามีสายพันธุ์ B เพียง 1 สายพันธุ์ แต่ก็ให้ผลผลิตลูก topcross ที่สูงกว่า หรือ ใกล้เคียงกันกับพันธุ์ลูกผสมร่วมทดสอบ ซึ่งแสดงว่า การพัฒนาสายพันธุ์ A เพื่อใช้ในการผลิตลูกผสมในข้าวโพดมีแนวทางที่เป็นไปได้ลักษณะทรงต้น และ ฝักของลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก แสดงไว้ภาพผนวกที่ 1

ตารางที่ 8 ตารางเปรียบเทียบลูก topcross และ สายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัย ข้าวโพด และข้าว ฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ลำดับที่	คู่ผสม topcross	อันดับผลผลิตลูก topcross (สายพันธุ์ A)	อันดับของผลผลิต (สายพันธุ์ B)
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Ki 21	1	2
2	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0403	2	7
3	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0504	3	5
4	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0504	4	12
5	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0504	5	2
6	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Kei 0403	6	8
7	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0504	7	7
8	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Kei 0403	8	10
9	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Ki 21	9	5
10	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0504	10	13

ลักษณะทางเกษตรของลูก topcross

ความสูงต้น

ความสูงต้นเป็นอีกลักษณะที่มีความสำคัญทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตข้าวโพดลูกผสมเนื่องจากสายพันธุ์ A ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นต้นแม่ ต้องมีความสูงต้นที่เหมาะสมต่อการผสมเกสรของสายพันธุ์พ่อในการผลิตข้าวโพดลูกผสม ความสูงต้นที่พอเหมาะยังมีข้อดี คือ สะดวกในการเก็บเกี่ยว และ ลดปัญหาการหักล้มในแปลงปลูกได้

ลูกผสม topcross (ตารางที่ 2) ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีความสูงต้นอยู่ระหว่าง 171 – 213 เซนติเมตร และ สายพันธุ์ R ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบมีความสูงต้นระหว่าง 185 – 207 เซนติเมตร สายพันธุ์ A ที่ใช้เป็นต้นแม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ ควรจะมีความสูงต้นต่ำกว่าเล็กน้อยหรือ ใกล้เคียงกับสายพันธุ์ R ที่เป็นต้นพ่อ เพื่อให้ละอองเกสรจากสายพันธุ์ R สามารถเข้าผสมกับฝักของสายพันธุ์แม่ได้ ในการทดลองนี้ไม่ได้ปลูกสายพันธุ์ A สำหรับนำมาเปรียบเทียบ แต่อย่างไรก็ตามในการพัฒนาสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แข่งกันก็คัดเลือกลักษณะทางเกษตรต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นสายพันธุ์ A ที่ใช้สร้างลูก topcross น่าจะมีความสูงเท่ากับ หรือ ใกล้เคียงกับสายพันธุ์ B ดังนั้นสายพันธุ์ A ที่ปรับปรุงใหม่มีความสูงที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นต้นแม่ในการพัฒนาลูกผสมต่อไป

ความสูงฝัก

ลูกผสม topcross (ตารางที่ 2) ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีความสูงฝักอยู่ระหว่าง 106 – 127 เซนติเมตร และ สายพันธุ์ R ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบมีความสูงต้นระหว่าง 106 – 127 เซนติเมตร พบว่าลูก topcross มีความสูงฝักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน หรือ เท่ากันกับสายพันธุ์ R ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ส่วนสายพันธุ์ A ที่ใช้เป็นต้นแม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ ควรจะมีความสูงฝักในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้เก็บเกี่ยวง่าย และ สะดวก ซึ่งความสูงฝักของสายพันธุ์ B มีค่าอยู่ระหว่าง 66 – 105 เซนติเมตร เป็นความสูงฝักที่ไม่สูง หรือ ต่ำมากเกินไป

อายุวันออกดอกตัวผู้ และ ตัวเมีย

ลูก topcross ที่ให้ผลผลิต 15 อันดับแรก มีอายุวันออกดอกตัวผู้มีค่าระหว่าง 55 - 58 วัน ซึ่ง มีอายุวันออกดอกตัวผู้ใกล้เคียงกับสายพันธุ์ที่ใช้เป็นสายพันธุ์ทดสอบ มีค่า 57 – 59 วัน(ตารางที่ 2)

ลูก topcross ที่ให้ผลผลิต 10 อันดับแรก มีอายุวันออกดอกตัวเมียมีค่าระหว่าง 53 วัน ถึง 56 วัน ซึ่งมีอายุวันออกดอกตัวเมียใกล้เคียงกับสายพันธุ์ที่ใช้เป็นสายพันธุ์ทดสอบ มีค่า 55 – 57 วัน (ตารางที่ 2)

อายุการเก็บเกี่ยว

อายุเก็บเกี่ยวเป็นลักษณะที่นำมาใช้ในการกำหนดวันปลูก และ การเก็บเกี่ยวผลผลิต ของข้าวโพด ลูก topcross มีอายุเก็บเกี่ยว ระหว่าง 101 – 107 วัน (ตารางผนวกที่ 1) ลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีอายุการเก็บเกี่ยว ระหว่าง 100 -107 วัน (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ NK 40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 ทั้ง 6 สายพันธุ์ พบว่าผลผลิตลูกผสม top cross ทั้ง 10 สายพันธุ์ แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ เปรียบเทียบ ทั้ง 6 สายพันธุ์

จำนวนต้นล้ม

ลักษณะต้นล้มเป็นส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิต และ มีส่วนในการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีในการสร้างลูกผสม

ลูก topcross ที่อยู่ในช่วงการเก็บผลผลิตมีต้นล้มประมาณ 0 – 31 เปอร์เซ็นต์ ต้น (ตารางผนวกที่ 1) ลูกผสม topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีต้นหักล้ม 0-7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ NK 40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 ทั้ง 6 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 0 – 16.7 เปอร์เซ็นต์

จำนวนต้นหัก

ลักษณะของต้นหักก็เป็นส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิต ต้นหักลี้้มของลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีต้นหักลี้้มมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0-7.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ NK 40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 ทั้ง 6 สายพันธุ์ พบว่าลูก topcross ทั้ง 15 สายพันธุ์ มีการหักลี้้มของต้นแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ เปรียบเทียบ ทั้ง 6 สายพันธุ์

โรคทางใบ

โรคทางใบของลูก topcross โดยให้คะแนน เฉลี่ยมีค่าระหว่าง 2 – 4 คะแนน (ตารางผนวก ที่ 1) ลูกผสม topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีทรงต้นที่มีโรคมี่ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 -4 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ NK 40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 ทั้ง 6 สายพันธุ์ มีค่าระหว่าง 3 – 5 คะแนนแต่พันธุ์เปรียบเทียบกับส่วนมากมีโรคทางใบมากกว่าลูก topcross

เปลือกหุ้มฝัก

ลักษณะเปลือกหุ้มฝักของลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีต้นที่มีเปลือกหุ้มฝักมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 -3 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ NK 40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 ทั้ง 6 สายพันธุ์

ความชื้นเมล็ด

ลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก อยู่ในระหว่าง 16 – 21.5 เปอร์เซ็นต์ ลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรกที่มีความชื้นสูงสุดคือ (Ki 28 x Nei 9008)_A₂ - 5 x Kei 0403 เท่ากับ 21.5 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของพันธุ์ร่วมทดสอบ NK 40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 ทั้ง 6 สายพันธุ์ ที่มีความชื้นเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 20, 18, 19, 18, 18 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์การกระเทาะ

เปอร์เซ็นต์การกระเทาะเมล็ดของลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรก มีค่าอยู่ระหว่าง 79.4 – 85.5 เปอร์เซ็นต์ ลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 15 อันดับแรกที่มีเปอร์เซ็นต์การกระเทาะสูงสุดคือ (Ki 28 x Agron 23)_{A₂} - 2 x Kei 0504 มีค่าเท่ากับ เท่ากับ 85.5 เปอร์เซ็นต์ และ เปอร์เซ็นต์การกระเทาะเมล็ดของลูก topcross มีค่าแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ NK 40, Suwan 4452, 30A33, Big 949, Pac 999 N และ NS2 ทั้ง 6 สายพันธุ์ ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การกระเทาะเฉลี่ยเท่ากับ 83 ; 85 ; 84 ; 84 ; 86 และ 85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การตรวจสอบยีนแก่ความเป็นหมันของสายพันธุ์ทดสอบ

สายพันธุ์ทดสอบที่ใช้ ไม่ได้ตรวจสอบ ว่ามียีนแก่ความเป็นหมัน หรือไม่ ดังนั้น จึงได้ตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู และ การติดเมล็ดของต้น topcross ที่ผสมตัวเองจำนวน 42 คู่ผสม เพื่อจะได้นำมาพิจารณาพร้อมกับผลผลิตของลูก topcross การตรวจสอบละอองเรณูโดยย้อมด้วยสารละลาย I-KI ละอองเรณูที่มีชีวิตหรือมีความสมบูรณ์เพศ (fertile pollen) จะติดสีน้ำตาลเข้ม สำหรับละอองเรณูที่ไม่สมบูรณ์เพศ (sterile pollen) หรือ ไม่มีชีวิตจะติดสีน้ำตาลอ่อน หรือ ไม่ติดสี ผลการตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณูของลูก topcross ทั้ง 42 คู่ผสม สามารถ จัดแบ่งกลุ่มคู่ผสมตามลักษณะความมีชีวิตของละอองเรณูโดยวิธีการที่ดัดแปลงจาก Govindaraj and Virmany (1988) ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 ลูก topcross ที่จัดเป็น complete restorer คือ มีละอองเรณูที่ติดสีน้ำตาลเข้ม หรือ ละอองเรณูมีชีวิต (fertile pollen) มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 14 คู่ผสม (ตารางที่ 8) กลุ่มที่ 2 ลูก topcross ที่จัดเป็น partial restorer เมื่อตรวจสอบละอองเรณูพบละอองเรณูที่ติดสีเข้มมีค่าระหว่าง 60 – 79.9 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน 17 คู่ผสม (ตารางที่ 9) และ กลุ่มที่ 3 ลูก topcross ที่จัดเป็น partial sterile หมายถึงคู่ผสมว่า มีละอองเรณูที่ติดสีเข้มมีค่าระหว่าง 1 – 59.9 เปอร์เซ็นต์ มีทั้งหมด 11 คู่ผสม (ตารางที่ 10)

คู่ผสมที่จัดเป็น complete restorer จำนวน 14 คู่ผสม (ตารางที่ 8) โดยที่คู่ผสม (Ki 28 x Nei 9008)_{A₂} - 14 x Kei 0403 มีละอองเรณูที่ติดสีย้อม I-KI เป็นสีน้ำตาลเข้ม เท่า กับ 100 เปอร์เซ็นต์ และได้จำนวนเมล็ดต่อฝัก จากการผสมตัวเอง 487 เมล็ด สำหรับคู่ผสมที่ให้ละอองเรณูมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ มี 5 คู่ผสม ลักษณะช่อดอกตัวผู้ และ การแตกของอับละอองเรณูที่ให้ละอองเรณูแสดงไว้ภาพผนวกที่ 2

สำหรับจำนวนเมล็ดต่อฝักที่ได้จากการผสมตัวเองของลูก topcross นั้นจะขึ้นกับลักษณะฝักของสายพันธุ์ A และ จำนวนละอองเรณู และสามารถเข้าผสมกับ egg ได้

เมื่อพิจารณากลุ่มผสมที่เป็น complete restorer จำนวน 14 กลุ่มผสม พบว่า ลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูง 10 อันดับแรก ให้จำนวนเมล็ดต่อฝักของลูก topcross จากการผสมตัวเองสูง จำนวน 8 กลุ่มผสม ซึ่งแสดงว่า สายพันธุ์ทดสอบที่ใช้มีอินแก๊ความเป็นหมันกับ ไซโตพลาสซึม C - cms ดังนั้น ผลผลิตของลูก topcross ทั้ง 14 กลุ่มผสม น่าจะได้จากละอองเรณูของสายพันธุ์ทดสอบเหล่านั้นด้วย สายพันธุ์ทดสอบ Kei 0403 , Kei 0504 และ Ki 21 ให้ลูก topcross ที่เป็น complete restorer จำนวน 5 , 5 และ 4 กลุ่มผสม ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้แสดงว่า สายพันธุ์ ทดสอบ ทั้ง 3 นี้ น่าจะมีอินแก๊ความเป็นหมันกับ C - cms แต่จะมีอินแก๊ความเป็นหมัน Rf_4 , Rf_5 หรือ Rf_6 ยีนใด ซึ่งต้องศึกษาต่อไปในระดับโมเลกุล ผลการตรวจสอบละอองเรณูลูก topcross ที่จัดเป็น complete restorer ตรงกัน 8 คู่ เป็นการยืนยันผลการทดสอบผลผลิตของลูก topcross ที่ให้ใน 10 อันดับแรก (ตารางที่ 8) สำหรับลูก topcross ที่ให้ผลผลิตอันดับ 6 และ 8 คือ (Ki 28 x Agron 43)A2 - 1 x Kei 0403 และ (Ki 28 x Agron 43)A2 - 3 x Kei 0403 เมื่อตรวจสอบละอองเรณูที่มีชีวิตมีค่าเท่ากับ 60 และ 77 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเมล็ดติดฝักเท่ากับ 5 และ 284 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ลูก topcross ที่จัดเป็น partial restorer จำนวน 17 กลุ่มผสม นั้น กลุ่มผสมที่ให้ละอองเรณูมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวน 5 กลุ่มผสม และ ให้จำนวนเมล็ดต่อฝักจากการผสมตัวเองของลูก topcross ก่อนข้างสูงด้วยตัวอย่างละอองเรณูของกลุ่มผสม topcross ที่จัดเป็น partial restorer แสดงไว้ในภาพที่ 4

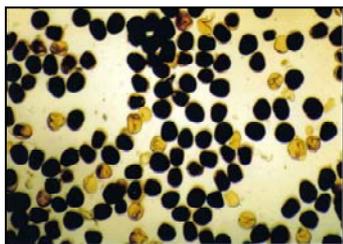
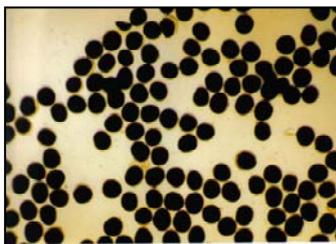
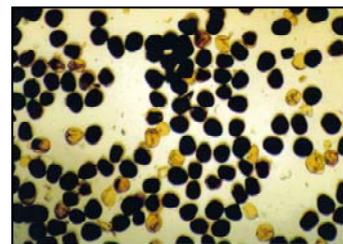
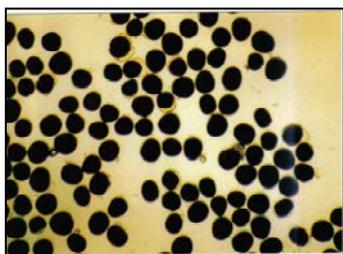
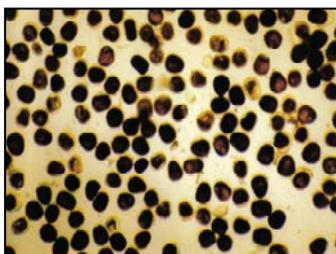
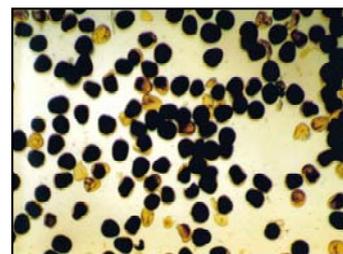
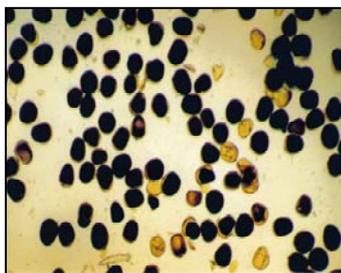
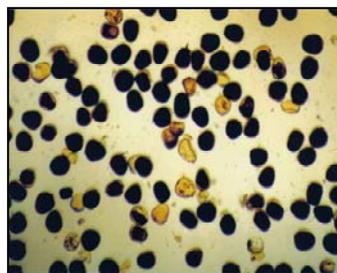
กลุ่มผสมที่มีละอองเรณูที่มีชีวิตน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดเป็น partial sterile มีจำนวน 11 กลุ่มผสม จำนวนเมล็ดต่อฝักของลูก topcross ที่ผสมตัวเองมีค่าระหว่าง 0 - 3 เมล็ด ซึ่งผลผลิตลูก topcross น่าจะมาจากละอองเรณูของพันธุ์ลูกผสม Suwan 4452 และ พันธุ์ร่วมทดสอบ ลักษณะละอองเรณูของลูก topcross ที่เป็น partial sterile แสดง ไว้ในภาพผนวกที่ 5 ลักษณะช่อดอกตัวผู้ที่อับละอองเรณูแตกน้อย หรือ ไม่แตก แสดงไว้ในภาพผนวกที่ 3

จากผลการศึกษาอินแก๊ความเป็นหมันของสายพันธุ์ทดสอบทั้ง 3 สายพันธุ์ นั้นน่าจะไม่มีอินแก๊ความเป็นหมัน Rf_4 , Rf_5 หรือ Rf_6 อยู่ แต่สายพันธุ์ทดสอบ Kei 0403 และ Kei 0504 ซึ่งให้ผล

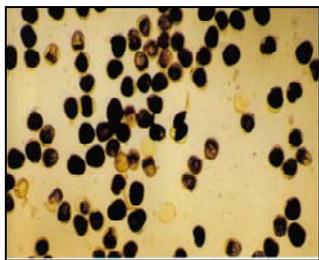
ผลิตลูก topcross และ การติดเมล็ดของลูก topcrossจากการผสมตัวเอง กับสายพันธุ์ A ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ และ ให้ผลผลิตลูก topcross สูงใน 10 อันดับแรกมีจำนวนมากกว่า Ki 21 แสดงว่าละอองเรณูของสายพันธุ์ทดสอบทั้ง 2 นี้ น่าจะทำหน้าที่ในการเข้าผสมกับ egg ของสายพันธุ์ A ได้ดีกว่าสายพันธุ์ทดสอบ Ki 21 ซึ่ง Govindaraj and Virmany , (1988) ให้ข้อเสนอแนะว่า สายพันธุ์ที่ให้ละอองเรณูที่มีชีวิตในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปนั้นสามารถนำมาใช้ในการสร้างลูกผสมในข้าวได้ แต่ในข้าวโพดซึ่งมีอินแก่ความเป็นหมันจำนวน 3 ยีน อาจต้องพิจารณาเรื่องการทำงานของยีนแก่ความเป็นหมันกับยีนที่ควบคุมความเป็นหมันของสายพันธุ์แม่ ซึ่งต้องศึกษาเพิ่มเติมในระดับโมเลกุล สำหรับลูก topcross ที่ให้ช่อดอกตัวผู้ที่อับละอองเรณูแต่น้อย และ มีละอองเรณูที่มีชีวิตต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และ การติดเมล็ดต่อฝักต่ำ แสดงว่าละอองเรณูอาจมีชีวิตแต่ไม่สามารถเข้าผสมพันธุ์กับ egg ได้

ตารางที่ 9 การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู และการติดเมล็ดของลูก topcross 14 คู่ผสม ที่จัดเป็น complete restorer มีเปอร์เซ็นต์ละอองเรณูที่มีชีวิตระหว่าง 80 – 100 เปอร์เซ็นต์ ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

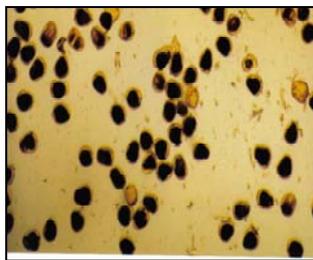
ลำดับ	คู่ผสม	ละอองเรณู ปกติ	ละอองเรณู เป็นหมัน	ละอองเรณู ทั้งหมด	% ละอองเรณู ปกติ	เมล็ด / ฟัก	อันดับผลผลิต
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0403	125	0	125	100	487	2
2	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 5 x Kei 0403	78	1	79	99	364	15
3	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0504	117	3	120	98	482	3
4	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Kei 0403	73	2	75	97	349	14
5	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Ki 21	109	4	113	96	375	16
6	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0403	96	6	102	94	387	13
7	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Ki 21	105	13	118	89	435	9
8	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0504	114	19	133	86	398	10
9	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 5 x Ki 21	66	12	78	85	298	21
10	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Ki 21	113	24	137	82	498	1
11	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0504	112	26	138	81	447	7
12	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0504	119	29	148	80	464	4
13	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0504	131	32	163	80	452	5
14	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 7 x Kei 0403	69	17	86	80	278	38

(Ki 28 x Nei 9008)A₂ - 5 x Ki 21(Ki 28 x Nei 9008)A₂ - 14 x Kei 0403(Ki 28 x Agron 23)A₂ - 2 x Kei 0504(Ki 28 x Agron 7)A₂ - 1 x Kei 0504(Ki 28 x Nei 9008)A₂ - 5 x Kei 0504(Ki 28 x Nei 9008)A₂ - 14 x Kei 0504(Ki 28 x Agron 23)A₂ - 2 x Ki 21(Ki 28 x Agron 27)A₂ - 3 x Kei 0504

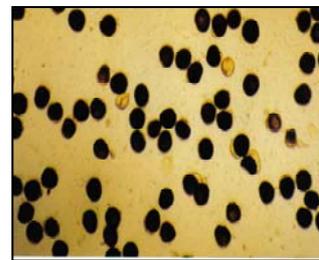
ภาพที่ 3 ละอองเรณูที่มีชีวิต ที่ย้อมสีด้วยสาร I-KI ติดสีน้ำตาลเข้ม ของลูก topcross 8 คู่ผสม
ที่จัดเป็น complete fertile



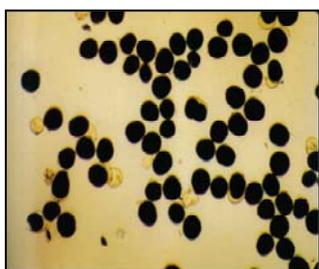
(Ki 28 x Agron 43) A_2 - 3 x Kei 0403



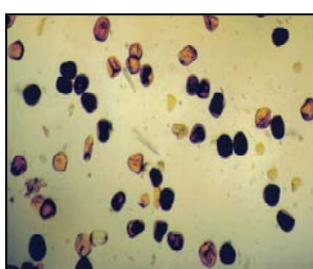
(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 1 x Ki 21



(Ki 28 x Agron 43) A_2 - 5 x Ki 21



(Ki 28 x Agron 23) A_2 - 6 x Ki 21

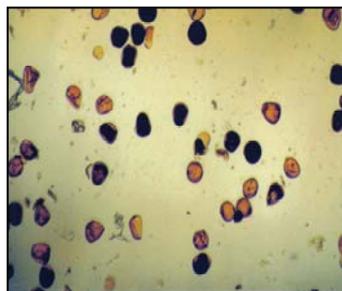


(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 1 x Kei 0403

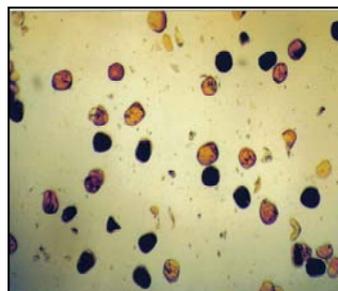


(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 2 x Kei 0403

ภาพที่ 4 ละอองเรณูที่มีชีวิต ที่ย้อมสีด้วยสาร I-KI ติดสีน้ำตาลเข้ม ของ 6 กลุ่มผสม ที่จัดเป็น partial restorer



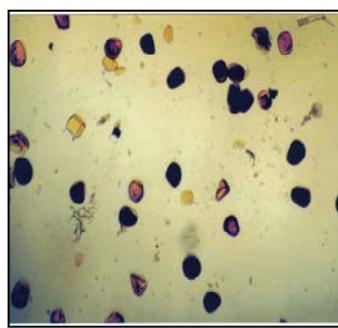
(Ki 28 x Ki 27) A_2 - 8 x Kei 0504



(Ki 28 x Ki 27) A_2 - 8 x Kei 0403



(Ki 28 x Ki 27) A_2 - 2 x Kei 0504



(Ki 28 x Agron 7) A_2 - 1 x Ki 21

ภาพที่ 5 ละอองเรณูที่มีชีวิต ที่ย้อมสีด้วยสาร I-KI ติดสีน้ำตาลเข้ม ของ 4 คู่ผสม ที่จัดเป็น partial sterile

ตารางที่ 10 การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู และการติดเมล็ดของลูก topcross 17 กลุ่มผสม ที่จัดเป็น partial restorer มีเปอร์เซ็นต์ ละอองเรณูที่มีชีวิตระหว่าง 60 – 79.9 เปอร์เซ็นต์ ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ลำดับ	กลุ่มผสม	ละอองเรณู	ละอองเรณู	ละอองเรณู	% ละอองเรณู	เมล็ด / ฝัก	อันดับผลผลิต
		ปกติ	เป็นหมัน	ทั้งหมด	ปกติ		
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Ki 21	67	18	85	79	286	11
2	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Ki 21	66	19	85	78	281	12
3	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Kei 0403	82	24	106	77	284	8
4	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 5 x Kei 0504	48	15	63	76	257	40
5	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Ki 21	48	15	63	76	216	42
6	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Ki 21	34	16	50	68	6	25
7	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 7 x Ki 21	32	15	47	68	4	26
8	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 2 x Kei 0403	49	25	74	66	84	33
9	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0403	25	13	38	66	6	32
10	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 2 x Kei 0504	24	13	37	65	4	29
11	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 7 x Kei 0504	25	14	39	64	2	34
12	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0403	34	20	54	63	78	15
13	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Ki 21	28	18	46	61	3	17
14	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0403	25	16	41	61	5	24
15	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Kei 0403	23	15	38	61	3	27
16	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Kei 0403	35	23	58	60	5	6
17	(Ki 28 x Ki 27)A ₂ - 2 x Kei 0403	27	18	45	60	3	30

ตารางที่ 11 การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเรณู และการติดเมล็ดของลูก topcross 11 คู่ผสม ที่จัดเป็น partial sterile มีเปอร์เซ็นต์ละอองเรณูที่มีชีวิตระหว่าง 1 – 59.9 เปอร์เซ็นต์ ปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ลำดับ	คู่ผสม	ละอองเรณู ปกติ	ละอองเรณู เป็นหมัน	ละอองเรณู ทั้งหมด	% ละอองเรณู ปกติ	เมล็ด / ฝัก	อันดับผลผลิต
1	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 1 x Kei 0504	17	12	29	59	3	22
2	(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Ki 21	31	23	54	57	1	28
3	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Kei 0504	25	20	45	56	2	20
4	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Ki 21	31	24	55	56	0	31
5	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Ki 21	26	21	47	55	1	36
6	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 3 x Kei 0504	20	17	37	54	1	35
7	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 7 x Ki 21	16	14	30	53	2	26
8	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 1 x Kei 0504	9	12	21	43	1	39
9	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Kei 0504	16	24	40	40	0	18
10	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Kei 0403	15	25	40	38	0	19
11	(Ki 28 x Agron 23)A2 - 6 x Kei 0504	8	14	22	36	0	37

สรุป

- 1 การนำวิธีผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ มาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) ในข้าวโพดโดยการผสมระหว่างสายพันธุ์ B (Ki 28N) กับสายพันธุ์ R จำนวน 45 สายพันธุ์ วิธีการนี้สามารถพัฒนาสายพันธุ์ B และ สายพันธุ์ A ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดกัน และ สายพันธุ์ R ไปพร้อม ๆ กันได้
- 2 การคัดเลือกสายพันธุ์ A โดยพิจารณาผลผลิตลูก topcross ซึ่งเป็นการคัดเลือกสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A ซึ่งจะให้ผลการคัดเลือกที่ถูกต้องมากกว่าการคัดเลือกโดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์ B และ วิธีการนี้ช่วยลดจำนวนสายพันธุ์ A และ B ที่จะนำไปผสมกลับ และ พัฒนาต่อไปด้วย
- 3 การตรวจสอบยีนแก่ความเป็นหมันในสายพันธุ์ R สามารถตรวจสอบจากละอองเรณูของลูกรุ่นที่ 1 (F_1) ของคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ A กับสายพันธุ์ R โดยย้อมละอองเรณูด้วยसानละลาย KI แต่อย่างไรก็ตามถ้าต้องการทราบว่า ยีนแก่ความเป็นหมันเป็นยีนตัวใดต้องศึกษาในระดับโมเลกุล

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2519. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 418 หน้า.

_____ . 2544. ปรับปรุงพันธุ์พืช : พื้นฐาน วิธีการ และ แนวคิด. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ธีรภัทร์ มาลีวงษ์. 2528. การทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกของสายพันธุ์รักษา
ความเป็นหมันเพื่อสร้างลูกผสมของข้าวฟ่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คมสัน อำนวนสิทธิ์. 2537. การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยวิธีการ
ผสมกลับในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีรศิลป์ โพธิสูง. 2531. การสร้างสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวฟ่างโดยวิธีการผสม
กลับในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วาสนา วงษ์ใหญ่. 2547. พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันกับการปรับปรุงพันธุ์พืช เอกสารประกอบการ
สอนวิชา 003575 การปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง I, 21น.ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรพล อุปดิศสกุล. 2528. สถิติการวางแผนทดลองเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

สุภาวดี แสงโชติ. 2548. การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบ
สมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
กรุงเทพฯ.

อภิชาติ กาญจนบัตร. 2530. ศักยภาพของการใช้สายพันธุ์แก้ความเป็นหมันที่ปรับตัวได้ดีภายใน
ประเทศในการพัฒนาสายพันธุ์เกษตรกรผู้เป็นหมัน และ สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

Beckett, J.B. 1971. Classification of male – sterile cytoplasm in maize (*Zea mays L.*).
Crop Sci. 11 : 724 – 727.

Coor, J.G. and S.Pandey. 1994. **The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crop**. ASA, Inc.
And. CSSA, Inc., Madison, Wisconsin. .

Cochran , W.G. and G.M. Cox. 1968 . **Experimental Designs**. 2ded ., John Wiley and Sons,
Inc.,New York.

Davis, R.L. 1927. Report of the plant breeder, pp. 14 – 15. Cited by G.F. Sprague. **Corn
and Corn Improvement**. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin.

Duvick, D.N. 1965. Cytoplasmic pollen sterility in corn. *Adv. Genetics* 13 : 1 – 56.

Govindaraj K, Virmani SS. 1988. **Genetics of fertility restoration in “Wa” tyoe cytoplasmic
Male sterility in rice**. **Crop Sci** 28 : 787 – 792.

Jenkins, M. T. and A.M. Brunson. 1932. Methods of testing inbred line of maize in
crossbred combinations. **J.Am. Soc. Agron.** 24 : 523 – 530.

Jenkins, M. T. 1935. The effect of inbreeding and selection within inbred line of maize
upon the hybrids made after successive generations of selfing. **Iowa State J.Sci.** 3 :
429 - 450.

- Kambal, A.G. and O.J. Webster. 1965. Estimates of general and specific combining ability in grain sorghum, *Sorghum vulgare* Pers. **Crop Sci.** 5 : 521 – 523.
- Knott, D.K. 1979. Selection for yield in wheat breeding. **Euphytica** 28 : 37 – 40.
- Kheyr – Pour, A., V.E. Gracen, and H.L. Everett. 1981. Genetics of fertility restoration in the C – group of cytoplasmic male sterility in maize. **Genetics** 98 : 379 – 388.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1981. **Quantitative Genetics in Maize Breeding**. The Iowa State Univ. Press, Ame, Iowa.
- Hayman, B.I. 1957. Interaction, heterosis and diallel crosses. **Genetics** 42 : 336-335.
- House, L.R. 1980. **A Guide to Sorghum Breeding**. ICRISAT, Andhra Pradesh.
- Loeffel, F.A. 1964. S₁ compared with crosses of homozygous lines. **Proc. Annu. Corn Sorghum Res Conf.** 26 : 209 – 217.
- . 1971. Development and utilization of parental lines. **Proc. Annu. Corn and Sorghum Res. Cont.** 26 : 209-217.
- Lonnquist, J.H. 1950 The effect of selection for combining ability within segregating lines of corn. **Agron. J.** 42 : 493 - 495.
- Shull, G.H. 1908. What is heterosis ?. **Genetics** 33 : 439 - 446.
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **J. Amer. Soc. Agron.** 34 : 923 - 932.
- Sprague, G.F. and S.A. Eberhart. 1977. **Corn and corn improvement**. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
- Sisco, P.S. 1991. Duplications Complicate Genetic Mapping of Rf4, a

Restorer Gene for C – cms Cytoplasmic Male Sterility in Corn. **Crop Sci.** 31:1263 – 1266.

Paterniani, E. 1973. Recent studies on heterosis. In *from Moav. 1973. Agricultural Genetics Selected Topics*. New York : John Wiley & Sons, Inc

Ullstrup, A.J. 1972. The impacts of the southern corn leaf blight epidemics of 1970-1971. **Ann. Rev. Phytopathol.** 10 : 37-50.

Wellhuasen, E.J. 1952. **Heterosis in a new population**, 418 – 450. *In* Heterosis. Iowa State College Press, Ames, Iowa.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลผลิต และ ลักษณะทางเกษตรที่ศึกษาของลูก topcross ระหว่างสายพันธุ์ $A_2(BC_2)$ กับสายพันธุ์ทดสอบ 3 สายพันธุ์ พันธุ์ร่วมทดสอบ พันธุ์ จำนวน 42 คู่ผสม และปลูกเดือน มิถุนายน 2549 ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

No	คู่ผสม	ผลผลิต กก/ไร่	อายุวันออกดอก		ความสูงต้น (ซม)	ความสูงฝัก (ซม)	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
			ตัวผู้	ตัวเมีย			
1	(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 5 x Ki 21	957	56	55	197	119	101
2	(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 14 x Kei 0403	935	58	53	187	125	103
3	(Ki 28 x Agron 23) A_2 - 2 x Kei 0504	896	56	55	211	127	107
4	(Ki 28 x Agron 7) A_2 - 1 x Kei 0504	871	57	55	182	112	102
5	(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 5 x Kei 0504	851	55	54	194	116	100
6	(Ki 28 x Agron 43) A_2 - 1 x Kei 0403	848	57	55	187	119	103
7	(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 14 x Kei 0504	846	57	54	185	118	102
8	(Ki 28 x Agron 43) A_2 - 3 x Kei 0403	844	56	57	206	123	103
9	(Ki 28 x Agron 23) A_2 - 2 x Ki 21	835	57	54	171	106	102
10	(Ki 28 x Agron 27) A_2 - 3 x Kei 0504	822	56	54	182	114	101
11	(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 1 x Ki 21	820	56	55	181	117	103
12	(Ki 28 x Agron 23) A_2 - 6 x Ki 21	814	57	55	213	121	105
13	(Ki 28 x Agron 23) A_2 - 2 x Kei 0403	812	55	53	177	110	102
14	(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 1 x Kei 0403	811	55	54	208	118	104
15	(Ki 28 x Nei 9008) A_2 - 5 x Kei 0403	793	56	55	201	111	102
16	(Ki 28 x Agron 43) A_2 - 3 x Ki 21	774	56	56	193	113	104

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

No	คู่ผสม	ผลผลิต กก/ไร่	อายุวันออกดอก		ความสูงต้น (ซม)	ความสูงฝัก (ซม)	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
			ตัวผู้	ตัวเมีย			
17	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 14 x Ki 21	764	57	53	187	123	103
18	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Kei 0504	756	57	56	183	111	103
19	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Kei 0403	741	58	55	189	115	103
20	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Kei 0504	741	56	54	186	115	103
21	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 5 x Ki 21	731	55	56	191	118	102
22	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 1 x Kei 0504	729	56	54	200	126	101
23	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 5 x Kei 0403	717	56	55	195	120	102
24	(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Kei 0403	715	57	55	205	116	101
25	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 1 x Ki 21	703	57	56	200	125	100
26	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 7 x Ki 21	703	58	55	200	119	103
27	(Ki 28 x Agron 23)A2 - 6 x Kei 0403	673	57	54	188	110	102
28	(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Ki 21	660	58	55	185	118	105
29	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 2 x Kei 0504	656	57	56	186	117	105
30	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Kei 0403	656	59	56	195	106	105
31	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Ki 21	649	58	56	195	115	101
32	(Ki 28 x Agron 27)A2 - 3 x Kei 0403	639	57	55	198	117	101

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

No	คู่ผสม	ผลผลิต กก/ไร่	อายุวันออกดอก		ความสูงต้น (ซม)	ความสูงฝัก (ซม)	อายุเก็บเกี่ยว (วัน)
			ตัวผู้	ตัวเมีย			
33	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 2 x Kei 0403	636	56	56	206	115	104
34	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 7 x Kei 0504	613	57	54	196	127	104
35	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 3 x Kei 0504	611	58	56	190	115	100
36	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Ki 21	595	58	56	192	114	102
37	(Ki 28 x Agron 23)A2 - 6 x Kei 0504	592	58	55	193	120	101
38	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 7 x Kei 0403	588	58	56	199	113	103
39	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 1 x Kei 0504	572	57	55	189	117	102
40	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 5 x Kei 0504	544	55	55	186	115	105
41	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 2 x Ki 21	435	57	58	182	113	102
42	(Ki 28 x Agron 27)A2 - 3 x Ki 21	106	58	62	179	118	103
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NK 40	972	57	56	207	127	103
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Suwan 4452	877	58	56	200	120	103
พันธุ์ร่วมทดสอบ	30A33	812	57	56	187	111	104
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Big 949	785	57	56	199	114	102
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Pac 999 N	732	57	55	185	108	105
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NS2	560	59	57	195	106	104
LSD 0.05		153.7	1.66	2.68	16.1	12	2.12
C.V.(%)		10.64	2.26	2.41	4.15	5.1	1

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

No	คู่ผสม	เปอร์เซ็นต์		โรคทางใบ 1/ (คะแนน)	เปลือกหุ้มฝัก 2/ (คะแนน)	ความชื้น (%)	กระดาษ (%)
		ต้นล้ม	ต้นหัก				
1	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Ki 21	4.8	4.8	3	0	21.5	83.8
2	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0403	0	7.1	2	1.5	19.7	81.8
3	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0504	1.2	15.5	3	1.5	16.4	85.5
4	(Ki 28 x Agron 7)A ₂ - 1 x Kei 0504	0	3.6	3	3	19.9	81.0
5	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0504	0	4.8	3	1	19.5	81.1
6	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 1 x Kei 0403	0	16.7	4	0	19.8	81.1
7	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 14 x Kei 0504	2.4	0	3	1	18.8	80.6
8	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Kei 0403	0	12	3	3	16.2	83.0
9	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Ki 21	0	1.2	4	2.5	18.8	80.1
10	(Ki 28 x Agron 27)A ₂ - 3 x Kei 0504	0	0	3	1	20.0	79.4
11	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Ki 21	0	0	2	0	19.8	81.8
12	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 6 x Ki 21	0	9.5	3	2	16.8	80.2
13	(Ki 28 x Agron 23)A ₂ - 2 x Kei 0403	0	16.6	3	2	18.9	80.8
14	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 1 x Kei 0403	7.1	17	4	0	16.7	84.5
15	(Ki 28 x Nei 9008)A ₂ - 5 x Kei 0403	3.6	12	4	2	15.4	84.0
16	(Ki 28 x Agron 43)A ₂ - 3 x Ki 21	0	7.9	3	5	16.5	86.1

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

No	คู่ผสม	เปอร์เซ็นต์		โรคทางใบ 1/ (คะแนน)	เปลือกหุ้มฝัก 2/ (คะแนน)	ความชื้น (%)	กระดาษ (%)
		ต้นล้ม	ต้นหัก				
17	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 14 x Ki 21	0	9.5	3	1	18.0	83.6
18	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Kei 0504	0	0.5	3	0.5	18.2	81.1
19	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Kei 0403	0	16.5	3	4	15.3	80.1
20	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Kei 0504	0	7	2	2	16.4	88.4
21	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 5 x Ki 21	0	9	3	0.5	17.6	75.2
22	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 1 x Kei 0504	2.3	19.5	3	0	16.7	83.3
23	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 5 x Kei 0403	0	8	3	3	15.9	84.5
24	(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Kei 0403	0	4	4	1	15.5	84.0
25	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 1 x Ki 21	2	18	4	1.5	16.0	85.9
26	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 7 x Ki 21	0	10.5	3	2	15.7	83.8
27	(Ki 28 x Agron 23)A2 - 6 x Kei 0403	0	9.5	4	1.5	15.5	85.8
28	(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Ki 21	0	12.5	3	2.5	14.7	84.7
29	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 2 x Kei 0504	1.4	12.5	3	0.5	16.3	84.2
30	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Kei 0403	6	7	2	4	14.8	82.2
31	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Ki 21	9.5	9.5	4	4.5	14.6	83.6
32	(Ki 28 x Agron 27)A2 - 3 x Kei 040	4.5	2	4	0.5	15.2	86.4

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

No	คู่ผสม	เปอร์เซ็นต์		โรคทางใบ 1/ (คะแนน)	เปลือกหุ้มฝัก 2/ (คะแนน)	ความชื้น (%)	กระดาษ (%)
		ต้นล้ม	ต้นหัก				
33	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 2 x Kei 0403	2	1.5	3	1	17.1	75.9
34	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 7 x Kei 0504	1.5	30	4	0	14.3	86.1
35	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 3 x Kei 0504	2	23.5	4	2	15.3	86.8
36	(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Ki 21	0.5	5	3	1	13.9	84.6
37	(Ki 28 x Agron 23)A2 - 6 x Kei 0504	0.5	21	4	0	14.2	87.4
38	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 7 x Kei 0403	1	3	4	1.5	15.4	84.0
39	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 1 x Kei 0504	3	21	3	1.5	14.7	86.8
40	(Ki 28 x Agron 43)A2 - 5 x Kei 0504	0	11.5	3	1.5	15.0	85.5
41	(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 2 x Ki 21	13	17.5	4	7.5	13.7	80.2
42	(Ki 28 x Agron 27)A2 - 3 x Ki 21	0	1	4	0	15.1	44.8
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NK 40	3.5	3	3.5	0	19.6	83.2
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Suwan 4452	1	17	3.75	3	17.9	84.9
พันธุ์ร่วมทดสอบ	30A33	0	1	3.25	1.5	19.3	83.9
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Big 949	0.5	15	4.5	2	18.3	84.4
พันธุ์ร่วมทดสอบ	Pac 999 N	0	6	4.25	1.5	18.4	85.7
พันธุ์ร่วมทดสอบ	NS2	0	7	4.75	2.5	17.5	84.9
LSD 0.05		7.46	17.85	0.69	4.89	2.49	6.97
C.V.(%)		326.75	108.3	10.73	144.49	7.42	4.2

1/ ด้านทานโรคทางใบ 1 = โรคน้อยมาก ; 5 = โรคมากที่สุด

2/ เปลือกหุ้มฝัก 1 = เปลือกหุ้มฝักมิดชิด ; 5 = ปลายฝักโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝัก



(Ki 28 x Nei 9008)A2 – 5 x Ki 21



(Ki 28 x Nei 9008)A2 – 14 x Kei 0403



(Ki 28 x Agron 23)A2 - 2 x Kei 0504



(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Kei 0504

ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะลักษณะช่อดอกตัวผู้ของลูก topcrossที่อับเรณูแตก
ทำให้ละอองเรณูปกติ



(Ki 28 x Ki 27)A2 - 8 x Ki 21



(Ki 28 x Ki 27)A2 - 2 x Ki 21



(Ki 28 x Agron 23)A2 - 6 x Kei 0504



(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Ki 21

ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะลักษณะช่อดอกตัวผู้ของลูก topcross ที่อับเรณูไม่แตก
ทำให้เพศผู้เป็นหมัน



(Ki 28 x Nei 9008)A2 – 5 x Ki 21



(Ki 28 x Nei 9008)A2 – 14 x Kei 0403



(Ki 28 x Agron 23)A2 - 2 x Kei 0504



(Ki 28 x Agron 7)A2 - 1 x Kei 0504

ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะทรง ต้น และ ฝัก ของลูก topcross ที่ให้ผลผลิต 10 อันดับแรก



(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 5 x Kei 0504



(Ki 28 x Nei 9008)A2 - 14 x Kei 0504



(Ki 28 x Agron 23)A2 - 2 x Ki 21



(Ki 28 x Agron 27)A2 - 3 x Kei 0504

ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)



(Ki 28 x Agron 23)A2 - 2 x Kei 0403



(Ki 28 x Agron 43)A2 - 3 x Ki 21

ภาพผนวกที่2(ต่อ)