ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่ พืชไร่นา

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยวิธีคัดเลือกสลับ S_1~ Half-Sib และ S_1~ Full-Sib สำหรับใช้ผลิตข้าวโพดลูกผสมทางการค้า

Development of Composite-sibbed Lines by Alternate S_1~ Half-sibbed and S_1~ Full-sibbed Selections for Commercial Corn Hybrids

นามผู้วิจัย นายสิทธินันต์ จองโพธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ศาสตราจารย์กฤษฎา สัมพันธารักษ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตต์, Dr.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยวิธีคัดเลือกสลับ S_1~ Half-Sib และ S_1~ Full-Sib สำหรับใช้ผลิตข้าวโพดลูกผสมทางการค้า

Development of Composite-sibbed Lines by Alternate S_1~ Half-sibbed and S_1~ Full-sibbed Selections for Commercial Corn Hybrids

โดย

นายสิทธินันต์ จองโพธิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิทธินันต์ จองโพธิ์ 2555: การพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยวิธีคัดเลือกสลับ S_1~ Half-Sib และ S_1~ Full-Sib สำหรับใช้ผลิตข้าวโพดลูกผสมทางการค้า ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์กฤษฎา สัมพันธารักษ์, Ph.D. 111 หน้า

เริ่มจากงานทดลองนำสายพันธุ์อินเบรดชั้นนำตลอดจนลูกผสมของโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ มาผสมพันธุ์เพื่อการสกัดสายพันธุ์ผสมรวม โดยใช้วิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ในแบบผสมและคัดเลือกสลับ S_1~FS และ S_1~HS และประเมินศักยภาพของวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์และประเมินบนพื้นฐานของการแสดงออกโดยตรงร่วมกับความสามารถในการให้ผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวม ตลอดจนคู่ผสมที่เกิดจากสายพันธุ์เหล่านั้น วิธีการคัดเลือกแบบ S_1~FS และ S_1~HS เมื่อใช้ร่วมกับการคัดเลือกด้วยสายตาในชั่วแรกๆ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการให้สายพันธุ์ผสมรวมที่มีผลผลิตสูงตลอดจนมีลักษณะทั่วไปที่ดีสายพันธุ์ผสมรวมที่คัดเลือกได้มีผลผลิตอยู่ในช่วง 3,670-8,696 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ยิ่งกว่านั้นสายพันธุ์ผสมรวมที่ให้ผลผลิตสูงเกือบทั้งหมดแสดงออกในทางที่ดีได้อย่างเด่นชัดในคู่ผสมต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคู่ผสมระหว่างกลุ่มของสายพันธุ์ผสมรวมที่ให้ผลผลิตสูงใน 7 สายพันธุ์แรกกับกลุ่มสายพันธุ์ผสมรวมที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า (HxL) ดังนั้น สมดุลในการแสดงออกของยีนผลบวกและไม่ใช่ผลบวก จึงจำเป็นสำหรับคู่ผสมที่โดดเด่น ในความเป็นจริงแล้วเฮตเทอโรซิสเมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ยของพ่อแม่แสดงถึงระดับของยีนที่ไม่ใช่ผลบวกที่มีอยู่ในลูกผสมหรือความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ และเฮตเทอโรซิสที่ฐานพ่อแม่สูงสุด แสดงถึงระดับความเหนือชั้นของลูกผสมต่อพ่อแม่ แต่ทั้งสองกรณีไม่ได้บ่งบอกถึงคุณค่าอันแท้จริงของลูกผสม ทั้งนี้ลูกผสมที่โดดเด่นจำเป็นต้องมีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง โดยทั่วไปทั้ง GCA และ SCA ของสายพันธุ์พ่อแม่เป็นสิ่งที่ต้องการเพื่อก่อให้เกิดคู่ผสมที่โดดเด่น ในกรณีนี้ผลผลิตของคู่ผสมสูงสุดสี่คู่แรก (HxL) อยู่ในช่วง 10,322-11,072 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์เมื่อเปรียบเทียบกับ 10,280 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ของลูกผสมเดี่ยวทางการค้าที่ดีที่สุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ผสมรวมนอกจากจะมีผลผลิตสูงแล้ว ยังมีศักยภาพในการให้ลูกผสมที่ดี สามารถแข่งขันกับลูกผสมเดี่ยวในท้องตลาดได้

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sitthinan Jongpho 2012: Development of Composite-sibbed Lines by Alternate S_1~ Half-sibbed and S_1~ Full-sibbed Selections for Commercial Corn Hybrids. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Professor Krisda Samphantharak, Ph.D. 111 pages.

The elite inbreds and hybrids from Kasetsart University Corn Breeding Program, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok were used to formulate crosses for the composite-sibbed line extraction. Potential of the selection methods inbreeding. Evaluated on the basis of the performance *per se*, and yielding ability of the composite-sibbed lines and their hybrid combinations. The S_1~FS and S_1~HS selection methods when combined with visual selection in the early generations of selection are very effective methods to generate high yielding and high performance per se of the selected composite-sibbed lines. The resulted yielded ranged from 3,670-8,696 kg/ha. Moreover, most of the first seven high yieldiing composite-sibbed lines show distinctive performances in hybrid combinations especially when crossed to the eight relatively lower yielding lines (HxL). Therefore, the balance actions of additive and non-additive genes are needed for the outstanding hybrid. In fact, heterosis calculated at MP shows level of non-additive effect in the hybrid or genetic diversity of both parents and heterosis calculated at HP shows level of superiority of the hybrid over high parent but they do not imply the true value of the hybrid. Because of having high economic value not high heterosis is necessary for the outstanding hybrid. Generally, both high GCA and high SCA of parents are required for the outstanding hybrid. In this case, yield of the top-4 hybrids ranged from 10,322-11,072 kg/ha as compared with 10,280 kg/ha of the best commercial single cross hybrid. Therefore, composite-sibbed lines do not have high yield but also have a potential to be parents of the outstanding hybrids and could compete with the commercial single cross hybrid in the market.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความเมตากรุณาอย่างยิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา สัมพันธารักษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงที่ กรุณา อบรม สั่งสอน เสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำทางด้านความรู้วิชาการ ถ่ายทอดประสบการณ์ต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัยและการดำเนินชีวิต ให้คำชี้แนะสนับสนุน ในการทำวิทยานิพนธ์ในทุกๆ ด้าน ตลอดจนแก้ไขปรับปรุง ขัดเกลา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประภา ศรีพิจิตต์ และรองศาสตราจารย์ ดร. รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำด้านการเรียน ความรู้วิชาการ การดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบรูณ์ บุคลากรในศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และภาค วิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขนที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ทำ การทดลอง เอื้อเฟื้ออุปกรณ์การทดลองต่างๆ ในการทำงานวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง การสนับสนุนช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากเจ้าหน้าที่และพนักงานทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำชี้แนะแนวทางทุกๆ เรื่องโดยเฉพาะกาทำงาน

ขอขอบคุณ คุณเพชรดา นวลตาล ศิษย์น้อง เพื่อนๆ พี่ๆและน้องๆ ที่ให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับ คุณพ่อถนอม คุณแม่แสง จองโพธิ์ คุณพี่เสน่ห์ จองโพธิ์ คุณพี่สุเนตร จองโพธิ์ พี่ทั้ง 2 คนของข้าพเจ้าที่ให้ความรักและเสียสละในการสนับสนุนและช่วยเหลือทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ที่ทำ ให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาจนถึงระดับปริญญาโท อดทนรอจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ หวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้คงก่อประโยชน์แก่ท่านผู้สนใจไม่มากก็น้อย หากมีความดีหรือมีประโยชน์ประการใด ขอมอบให้แด่ทุกท่านผู้มีพระคุณคณาจารย์ผู้ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันคุณบิดามารดา และอยู่เบื้องหลังความสำเร็จทั้งหมด

สิทธินันต์ จองโพธิ์

กุมภาพันธ์ 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	42
ผล	42
วิจารณ์	67
สรุป	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ภาคผนวก	77
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ RCB	39
2	รายละเอียดของสายพันธุ์และวิธีการคัดเลือก	45
3	ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% และลักษณะทางเกษตรบางลักษณะของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพด 15 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553	46
4	ลักษณะทางเกษตร และลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพด 15 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553	48
5	ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ ที่ให้ผลผลิตสูงสุด10 คู่ผสมแรกจากทั้งหมด 56 คู่ผสมซึ่งมาจาก 25 (AxB)+25 (BxD) โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553	52
6	ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบ 10 อันดับแรกจาก 56 คู่ผสมซึ่งมาจาก 25 (AxB)+25 (BxD) เมื่อพิจารณาโดยใช้ผลผลิตเมล็ดสูงสุดเป็นเกณฑ์โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553	54
7	ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์ความเหนือระดับของข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว 56 พันธุ์ จากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่มของกลุ่ม AxB และกลุ่ม BxD กลุ่มละ5สายพันธุ์ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553	58

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

8 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ ที่ให้ผลผลิตสูงสุด10 คู่ผสมแรกจากทั้งหมด 56 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 62

9 ผลการวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ระหว่างกลุ่ม AxB 65

10 ผลการวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ระหว่างกลุ่ม BxD 66

ตารางผนวกที่

1 ลักษณะทางเกษตรและลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพด 15 สายพันธุ์ ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 78

2 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสมโดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 80

3 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสม โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon 919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 85

4 ลักษณะทางเกษตรและลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสม โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 89

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
5	ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554	93
6	ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ 42 คู่ผสมปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552	97
7	ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบทั้งหมด 42 คู่ผสมปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552	101
8	ลักษณะทางเกษตรและลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของคู่ผสมทดสอบทั้งหมด 42 คู่ผสมปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552	104
9	รายละเอียดของสายพันธุ์ S_2 เริ่มต้นที่ใช้ในการผสมแบบพบกันหมดในกลุ่ม C ที่ปากช่องและเชียงใหม่	107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1	แสดงวิธีคัดเลือก mass sibbing within line method (SMS)	28
2	แสดงวิธีคัดเลือกสลับแบบ S_1~ half sib (S_1~HS)	29
3	แสดงวิธีคัดเลือกสลับแบบ S_1~ half sib (S_1~HS)	29
4	แสดงแผนการดำเนินงาน	35

ภาพผนวกที่

1	ลักษณะฝักและเมล็ดของสายพันธุ์อินเบรดทั้ง 3 กลุ่ม	108
2	ลักษณะและเมล็ดของคู่ผสม 5 คู่ผสมแรก จาก 56 คู่ผสม	109
3	ลักษณะลำต้นของคู่ผสม 4 คู่ผสมแรก จาก 56 คู่ผสม	110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยวิธีคัดเลือกสลับ S_1~ Half-Sib และ S_1~ Full-Sib สำหรับใช้ผลิตข้าวโพดลูกผสมทางการค้า

Development of Composite-sibbed Lines by Alternate S_1~ Half-sibbed and S_1~ Full-sibbed Selections for Commercial Corn Hybrids

คำนำ

การพัฒนาสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดไร่โดยวิธีผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการถดถอยทางพันธุกรรมสูง เป็นผลให้สายพันธุ์อ่อนแอและส่งผลให้ผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดตกต่ำ นอกจากนี้กระบวนการผสมตัวเองในหลายชั่วซึ่งต้องใช้เวลาที่ยาวนาน ทำให้ต้นทุนการวิจัยสูงซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ราคาเมล็ดพันธุ์สูง แต่เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ได้รับความนิยมจากเกษตรกรสูงและเหนืออื่นใดลูกผสมเดี่ยวสามารถปกป้องตัวเองในทางทรัพย์สินทางปัญญา แต่ลูกผสมเดียวต้องการสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตสูงเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ในด้านราคาของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการค้นหาสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตสูง จึงเป็นสิ่งที่มิอาจหลีกเลี่ยงเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ของลูกผสมที่มีขีดความสามารถในเชิงการค้าด้วยเหตุผลดังกล่าว Kinman (1952) เสนอแนะให้ใช้สายพันธุ์ผสมรวม (composite sibbed line) ซึ่งมาจากการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ที่มาจาก S_1 แต่ละต้นเพื่อรักษาระดับผลผลิตของ S_1 ในชั่วหลังๆ ขณะเดียวกันก็รักษาระดับความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จากการศึกษาของ นฤมล (2548) ได้ผลที่สนับสนุนว่า สายพันธุ์ผสมรวมและลูกผสมจากสายพันธุ์ดังกล่าวให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์อินเบรดและลูกผสมที่มาจากสายพันธุ์ที่ผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องตามลำดับและมีความสม่ำเสมอค่อนข้างสูง ในอีกแง่มุมหนึ่ง Genter (1976) พบว่า การผสมตัวเองสลับการผสมต้นต่อต้น นอกจากจะเพิ่มค่าเฉลี่ยของประชากรแล้ว ยังเพิ่มผลผลิตของคู่ผสมสูงสุดอีกด้วย ในขณะที่การผสมต้นต่อต้นอย่างต่อเนื่องให้ผลผลิตเฉลี่ยของประชากรเพิ่มขึ้นแต่ไม่ได้เพิ่มผลผลิตของคู่ผสมสูงสุด เมื่อประมวลผลจากข้อมูลข้างต้นและเพื่อที่จะค้นหาวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมที่ดีที่สุด Samphantharak *et al.* (2008) จึงเปรียบเทียบวิธีคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวม 4 วิธี คือ 1) SFL (selfed bulked within line or selfed family line) 2) SMS (selective mass sibbing) 3) TCL (topcross within line) 4) AS_1F (alternate S_1 ~ full -sib) พบว่า AS_1F และ SMS ให้ประสิทธิผลเท่าเทียมกันแต่เหนือกว่าวิธี SFL และ TCL แต่เนื่องจากในหลายๆ กรณีการผสมแบบต้นต่อต้นแบบ AS_1F ให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมล็ดต่อคู่ผสมไม่เพียงพอและเสี่ยงต่อการสูญหายของสายพันธุ์ในกระบวนการคัดเลือกในขณะที่วิธีผสมแบบ SMS ให้ความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ผสมรวมต่ำกว่าวิธี AS_1F เพื่อที่จะปรับจุดเด่นและลดจุดด้อยของทั้งสองวิธีงานทดลองนี้จึงเสนอ วิธี S_1~HS (alternate S_1~half sibbed selection) และเพื่อที่จะประเมินผลของแนวทางดังกล่าว งานทดลองนี้จึงนำวิธี AS_1F ซึ่งต่อไปนี้จะใช้สัญลักษณ์ S_1~FS (alternate S_1~full sibbed selection) เพื่อให้สอดคล้องกับสัญลักษณ์ S_1~HS (alternate S_1~half sibbed selection) เข้าทดสอบประสิทธิภาพของทั้งสองวิธี ในการสกัดสายพันธุ์ผสมรวม จากเชื้อพันธุกรรมกลุ่มเดียวกันและในสภาพแวดล้อมเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาศักยภาพของวิธีพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมในรูปแบบต่างๆ ที่ให้สายพันธุ์ผสมรวมที่มีผลผลิตสูงและมีศักยภาพในการให้ลูกผสมของข้าวโพดไร่ที่โดดเด่นและมีผลผลิตตลอดจนคุณภาพของเมล็ดสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

พันธุ์ลูกผสม

พันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) โดยความหมายแบบกว้างๆ หมายถึงลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ที่มาจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน ดังนั้นโดยคำนิยามพืชผสมข้ามทุกต้นจึงเข้าลักษณะของพันธุ์ลูกผสม แต่เนื่องจากขาดการควบคุมละอองเกสรระหว่างประชากรพ่อและแม่พืชผสมข้ามจึงมีลักษณะเป็นพันธุ์ลูกผสมคละหรือพันธุ์ผสมเปิด (open-pollinated variety) สำหรับในความหมายที่แคบลง ลูกผสมน่าจะหมายถึงเฉพาะลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ที่มาจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่เป็นสายพันธุ์แท้ ดังนั้นลูกผสมที่แท้จริง (true hybrid) จึงหมายถึงลูกผสมเดี่ยว (single cross) ที่มาจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่เป็นสายพันธุ์แท้ (pure line) ถ้านอกเหนือจากนี้จัดว่าเป็นลูกผสมประยุกต์ เช่น ลูกผสมสามสายพันธุ์ (3-way cross hybrid) ซึ่งได้มาจากการผสมระหว่าง ลูกผสมเดี่ยว x สายพันธุ์แท้ ลูกผสมสี่สายพันธุ์ (double cross hybrid) ซึ่งได้มาจากการผสมระหว่าง ลูกผสมเดี่ยว x ลูกผสมเดี่ยว โดยหลักการสายพันธุ์อินเบรดที่นำมาใช้เป็นพ่อแม่ทั้งหมดต้องเป็นสายพันธุ์แท้ นอกจากนี้ยังมีลูกผสมประเภทอื่นๆ อีกมากที่มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ที่มาของสายพันธุ์พ่อแม่ (Jugenheimer, 1976)

แต่ลูกผสมทางการค้าที่นิยมผลิตกัน กฤษฎา (2551) ได้แก่ ผสมเดี่ยว (single cross hybrid) ซึ่งได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรด 2 สายพันธุ์ เช่น A/B ลูกผสมสามทาง (three way cross hybrid) ได้จากการผสมระหว่างลูกผสมเดี่ยวกับสายพันธุ์อินเบรดอีก 1 สายพันธุ์เช่น A/B//C ลูกผสมคู่ (double cross hybrid) ได้จากการผสมระหว่างลูกผสมเดี่ยวกับลูกผสมเดี่ยว เช่น A/B//C/D เมื่อพิจารณาถึงเหตุผลในทางทฤษฎีในแต่ละชุดของเชื้อพันธุกรรมลูกผสมเดี่ยวจะให้ความเหนือระดับของลูกผสม (heterosis) ได้สูงสุดและมีความสม่ำเสมอสูงสุด ด้วยเหตุนี้ลูกผสมเดี่ยวจึงจัดว่าเป็นลูกผสมที่แท้จริง (true hybrid) ส่วนลูกผสมในแบบอื่นๆ จัดว่าเป็นลูกผสมประยุกต์

ทฤษฎีความเหนือระดับของลูกผสม

ในความพยายามที่จะอธิบายถึงปรากฏการณ์ความเหนือระดับของลูกผสม Shull (1908) และ East (1908) ให้แนวคิดไว้ว่า การที่พืชอยู่ในสภาพเฮเทอโรไซโกตแล้วแสดงลักษณะออกมาเหนือพ่อแม่นั้นเนื่องมาจากยีนในสภาพเฮเทอโรไซโกตมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ทำให้เกิดสารตัวใหม่ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระตุ้นการทำงานของเซลล์ที่เหนือกว่ายีนที่อยู่ในสภาพโฮโมไซโกต ซึ่งต่อมา Hull (1945) บัญญัติคำว่า overdominance หรือการข่มเกินซึ่งหมายถึงการที่ยีนคู่ผสมแสดงลักษณะได้เหนือกว่ายีนคู่แฝด และเชื่อว่าลักษณะข่มเกินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการแสดงออกที่เหนือกว่าของพันธุ์ลูกผสม สมมติฐานดังกล่าวจึงเป็นสมมติฐานของยีนข่มเกิน (overdominance hypothesis)

อย่างไรก็ตาม สมมติฐานข่มเกินข้างต้นมีข้อโต้แย้งมากมายทั้งในเชิงทฤษฎีและจากการทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปรากฏการณ์ข่มเกินเทียม ผลการทดลองของ Moll *et al.* (1963) โดยการผสมอย่างอิสระอย่างต่อเนื่องของประชากร F_2 ของลูกผสมเดี่ยว (NC7 x CI21) จนถึง F_{13} และ F_{12} ของคู่ผสม (NC33 x K64) และสรุปได้ว่า ค่าการคำนวณผลผลิตของ F_2 ของทั้งสองประชากรมีค่าเกิน 1 ซึ่งอยู่ในช่วงของระดับข่มเกิน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในประชากร F_2 ของ NC33 x K64 ซึ่งแสดงว่าประชากร F_2 ของ NC33 x K64 มีลักษณะของยีนผลบวกและข่มไม่สมบูรณ์สูงกว่าประชากร F_2 ของ NC7 x CI21 แต่ค่าการคำนวณระดับการข่มในชั่ว F_8 และ F_{12} หรือ F_{13} ให้ค่าต่ำกว่า 1 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจัดอยู่ในช่วงของระดับข่มไม่สมบูรณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการแยกตัวของยีนที่ยึดติดกันในชั่วหลังๆ ทำให้ลักษณะแสดงออกในแบบผลบวกสะสมสูงขึ้น ในการทดลองที่คล้ายกันของ Gardner and Lonnquist (1959) ซึ่งสรุปได้ว่า ลักษณะข่มเกินที่ปรากฏในชั่ว F_2 มีสาเหตุมาจากการยึดติดกันของยีนข่ม-แฝง เข้าลักษณะของการข่มเกินเทียมดังนั้นงานทดลองข้างต้นจึงหักล้างแนวคิดหรือทฤษฎีข่มเกิน

ความสำคัญของยีนผลบวกต่อความเหนือระดับของลูกผสม

เพื่อที่จะอธิบายความความเหนือระดับลูกผสมในอีกทัศนะหนึ่ง Bruce (1910) เสนอสมมติฐานผลบวกสะสมของยีนข่ม (dominance hypothesis) โดยให้เหตุผลว่า ยีนข่มจากพ่อและแม่ต่างบดบังการแสดงออกของยีนแฝงของอีกฝ่ายหนึ่ง เป็นผลให้ลูกผสมที่ได้มีลักษณะต่างๆ เหนือกว่าพ่อแม่ หรืออีกนัยหนึ่ง ลูกผสมมีการสะสมยีนข่มจากพ่อและแม่ เป็นเหตุให้มีการแสดงออกในลักษณะที่ดีเหนือพ่อแม่ ในกรณีนี้ ถ้าหากสามารถค้นหาสายพันธุ์แท้ที่มียีนข่มครบทุกตำแหน่ง สายพันธุ์ดังกล่าวย่อมจะมีผลผลิตสูงสุดเหนือกว่าพันธุ์ลูกผสม แต่เหตุที่มิอาจหาสายพันธุ์แท้ที่มีลักษณะดังกล่าวได้ก็เนื่องจากมียีนบางตัวยึดเกาะติดกันในแบบข่ม-แฝง ทำให้ยากหรือเป็นไปไม่ได้ที่จะค้นหาสายพันธุ์แท้ที่มียีนข่มครบทุกตำแหน่ง ที่แสดงออกได้เหนือกว่าลูกผสม (Jone, 1917) ในแนวคิดนี้ ยีนข่มคู่แฝด (dominance homozygote) หรือผลบวกสะสมของยีนข่มให้ลักษณะได้เทียบเท่าหรือเหนือกว่าลักษณะยีนคู่ผสม (heterozygote) ขึ้นอยู่กับระดับของการข่ม นั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คือยีนข่มคู่แฝดให้ลักษณะที่เหนือกว่ายีนคู่ผสมที่มีลักษณะผลบวก (ยีนคู่ผสมมีลักษณะอยู่ที่ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่) หรือยีนคู่ผสมที่มีลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ ทำให้ยีนข่มคู่แฝดมีค่าเหนือกว่ายีนคู่ผสม แต่ถ้าหากเป็นยีนข่มสมบูรณ์ ยีนข่มคู่แฝด AA จะมีค่าเท่ากับยีนคู่ผสม Aa ในแนวความคิดนี้ไม่มีลักษณะใด ๆ เป็นลักษณะข่มเกินความเหนือระดับของลูกผสมเป็นผลมาจากผลบวกสะสมของลักษณะข่มในแต่ละตำแหน่งของยีนเพื่อที่พิสูจน์สมมุติฐานยีนข่มต่อความเหนือระดับของลูกผสมในเชิงปริมาณ (quantitative gene) Sprague and Miller (1950) เสนอให้ใช้สายพันธุ์อินเบรดสายพันธุ์เดียวกันเป็นสายพันธุ์ทดสอบกับประชากร A และ B ดังนั้น ประชากรในรอบคัดเลือกหลังๆ ควรมีพันธุกรรมของประชากรที่คล้าย กันมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากมันจะเข้ากันได้ดีกับสายพันธุ์ทดสอบเดียวกันมากขึ้นตามลำดับความสำคัญของยีนข่มและยีนข่มเกิน สามารถพิสูจน์ได้จากการผสมระหว่างประชากรในแต่ละรอบคัดเลือก เนื่องจากกลุ่มของพันธุกรรมจะคล้ายกันมากขึ้นในแต่ละรอบ ดังนั้น ถ้ายีนข่มเกินมีความ สำคัญ คู่ผสม $A_0 \times B_0$, $A_1 \times B_1$, $A_2 \times B_2$, *etc.* ควรจะมีความเหนือระดับของลูกผสมตลอดจนผลผลิตต่ำลงตามลำดับ แต่ถ้าการคัดเลือกนำไปสู่การสะสมยีนข่มที่ดีในตำแหน่งต่าง ๆ การผสมระหว่างประชากรในแต่ละรอบคัดเลือก ควรจะต้องมีผลผลิตเพิ่มขึ้น

เพื่อที่จะพิสูจน์เหตุผลในเชิงทฤษฎีของ Sprague and Miller (1950) ดังกล่าว Penny *et. al.* (1962) ทำการทดลองโดยใช้ประชากรผสมเปิด Alph (A) และ F_2 ของลูกผสมเดี่ยว WF9 x B7 (B) เป็นประชากรเริ่มต้น โดยมีสายพันธุ์อินเบรด B14 เป็นสายพันธุ์ทดสอบร่วม โดยการผสมตัวเองของประชาการทั้งสองพร้อมกับผสมไปหาสายพันธุ์ทดสอบ B14 และคัดเลือกสายพันธุ์ S_1 จาก 10 สายพันธุ์ S_0 ที่ให้คู่ผสมที่ดีกับสายพันธุ์ทดสอบ นำมาผสมแบบพบกันหมด ได้ประชากรผลผลิตสูง C_1H ในทำนองเดียวกันคัดสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำ มาผสมแบบพบกันหมด ได้ประชากรผลผลิตต่ำ C_1L ทำเช่นเดียวกันในสองประชากร จำนวน 2 รอบคัดเลือก หลังจากนั้นทำการผสมระหว่าง H x L ภายในแต่ละประชากรของ A และ B และผสมระหว่างประชากรจากแต่ละรอบคัดเลือกของ A และ B กับ B14 ผลปรากฏว่า การผสมระหว่างประชากรผลผลิตสูงกับ B14 (C_nH x B14) ให้ผลผลิตสูงกว่าการผสมระหว่างประชากรผลผลิตต่ำกับ B14 (C_nL x B14) แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีสรรถนะการผสมสูงและต่ำ สามารถแยกประชากรได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ การผสมระหว่าง C_nH x C_nL ภายในแต่ละประชากรของ A และ B ยังให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามรอบของการคัดเลือก ซึ่งน่าจะเป็นผลเนื่องมาจากการขาดสมดุลในการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนระหว่างสายพันธุ์ผลผลิตสูงและต่ำ (linkage disequilibrium) เป็นผลให้ประชากรแต่ละกลุ่มสะสมยีนข่มที่แตกต่างกัน และชดเชยซึ่งกันและกันทำให้เกิดลักษณะข่มเกินเทียม (complementary effect)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานทดลองของ Penny *et. al*. (1962) ดังกล่าวข้างต้นได้รับการสานต่อโดย Russell *et al.* (1973) จึงทำการทดลองต่อเนื่องไปจนถึงการคัดเลือกรอบที่ 5 ปรากฏว่าผลผลิตของประชากร A และ B ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับเมื่อนำแต่ละประชากรในแต่ละรอบการคัดเลือกไปผสมกับ B14 นอกจากนี้คู่ผสม Alph C_5 x B14 ให้ผลผลิตเกือบเท่ากับคู่ผสมเดี่ยวเปรียบเทียบ B37 x B45 การผสมระหว่างประชากร A_n และ B_n จากแต่ละรอบคัดเลือกก็ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน และมีอัตราส่วนของความก้าวหน้าเท่าๆ กับการผสมกับ B14 แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในสมรรถนะการผสมทั่วไป มากกว่าความก้าวหน้าในสมรรถนะผสมเฉพาะกับ B14 ซึ่งเป็นสายพันธุ์อินเบรดทดสอบ นั่นคือ ผลผลิตของลูกผสมทั้งสองแบบน่าจะเกิดขึ้นเนื่องจากการสะสมของยีนผลบวกในประชากร A_n และ B_n มากกว่าที่จะมาจากลักษณะข่มเกินจากการผสมระหว่าง A_n และ B_n กับสายพันธุ์อินเบรด B14

กฤษฎา (2544) กล่าวว่า สาเหตุที่ลูกผสมมีความเหนือระดับพ่อแม่ เนื่องจากลูกผสมสามารถสร้างไอโซไซม์ (isozymes) ได้หลากหลายมากกว่าพ่อแม่ทำให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดี สมมติว่าไอโซไซม์ที่กล่าวถึงเป็น tetramer ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีน 4 เส้น และควบคุมด้วยยีน 2 ยีน คือ A และ B เมื่อ A และ B รวมกันจะได้ไอโซไซม์ถึง 5 ชนิดคือ A4, A3B1, A2B2, A1B3 และ B4 ถ้าเป็น A1A2 และ B1B2 จะได้ไอโซไซม์ทั้งหมด 30 ชนิด

ประชากรสำหรับใช้สกัดสายพันธุ์

การพัฒนาสายพันธุ์อินเบรดของพืชผสมข้าม คงไม่มีอะไรแตกต่างไปจากวิธีที่ใช้กับพืชผสมตัวเอง โดยแหล่งพันธุกรรมที่นำมาใช้อาจมาจากพันธุ์ผสมเปิด พันธุ์สังเคราะห์ พันธุ์ลูกผสม หรือสายพันธุ์อินเบรด สำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ที่ต่อเนื่องจะมีสายพันธุ์อินเบรดของตัวเองอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งแต่ละสายพันธุ์อาจขาดลักษณะบางอย่างซึ่งไม่ตรงกัน แต่จำเป็นสำหรับการเป็นพ่อแม่พันธุ์ที่ดี เช่น เสถียรของสายพันธุ์ความต้านทานการหักล้ม คุณภาพของเมล็ดและสมรรถนะการผสมที่ดี การนำสายพันธุ์เหล่านี้มาผสมกันใหม่ เพื่อรวมลักษณะที่ดีของพ่อแม่เข้าด้วยกัน เป็นสิ่งที่ปฏิบัติอยู่ทั่วไป การที่จะใช้วิธีการใดในการคัดเลือกนั้นขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุกรรมที่ใช้และวัตถุประสงค์ของผู้คัดเลือกสายพันธุ์ (กฤษฎา, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการสำรวจความนิยมการใช้แหล่งพันธุกรรมต่างๆ เพื่อสกัดสายพันธุ์อินเบรดของนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดในสหรัฐอเมริกา (Bauman, 1981) ปรากฏว่าประชากรที่ได้จากการผสมระหว่าง 2 สายพันธุ์อินเบรดที่พัฒนาแล้ว (single cross) ประชากรจากการผสมกลับ 1 ครั้งและประชากร topcross ที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงจำนวนหนึ่งกับสายพันธุ์อินเบรดที่ดีที่สุด (elite inbred population) ได้รับความนิยมอย่างสูงตามลำดับ และที่ได้รับความนิยมใกล้เคียงกัน คือ การผสมระหว่างสายพันธุ์ที่มีความเกี่ยวโยงกันทางพันธุกรรม (related line cross) และประชากรฐานพันธุกรรมแคบ แสดงให้เห็นถึงค่านิยมในการปรับปรุงสายพันธุ์แบบค่อยๆ สะสมลักษณะที่ต้องการอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ประชากรจากลูกผสมคู่ (double cross) ได้รับความนิยมต่ำและแทบไม่มีการใช้พันธุ์ผสมเปิด และพันธุ์จากต่างเขตการปรับตัว (exotic germplasm) ซึ่งเป็นปกติของโครงการปรับปรุงพันธุ์ที่พัฒนาแล้ว เพราะการผสมพันธุ์จากสายพันธุ์ที่พัฒนาแล้วนั้นเป็นการเสริมลักษณะที่ดีจากพ่อแม่ที่ดีอยู่แล้ว ทำให้มีโอกาสสูงที่จะประสบผลสำเร็จอย่างเป็นขั้นตอน ในอนาคตนักปรับปรุงพันธุ์ยังคงให้น้ำหนักอยู่ที่การใช้คู่ผสมเดี่ยว และพันธุ์สังเคราะห์ฐานพันธุกรรมแคบ พร้อมกันนั้นก็จะมีการเปิดโอกาสให้กับประชากรที่มีฐานพันธุกรรมกว้างมากขึ้นดังเช่น พันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์จากนอกเขตการปรับตัว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำรอง เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ในระยะปานกลางและระยะยาว (Hallauer, 1979)

การปรับปรุงประชากร

ในความหมายของ Jenkins (1940) และ Hull (1945) หมายถึง การปรับปรุงประชากรเพื่อเพิ่มสมรรถนะการผสมของประชากรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเมื่อเข้าผสมกับสายพันธุ์ทดสอบที่ใช้ โดยมีการผสมตัวเองสลับกับการผสมทดสอบสมรรถนะการผสมกับสายพันธุ์ทดสอบ ถ้าสายพันธุ์ทดสอบมีฐานพันธุกรรมกว้าง ผลที่ได้จัดเป็นสมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์จากประชากรที่เข้าทดสอบ แต่ถ้าใช้สายพันธุ์ทดสอบที่มีฐานพันธุกรรมแคบ ผลที่ได้จัดเป็นสมรรถนะการผสมเฉพาะของสายพันธุ์เข้าทดสอบกับสายพันธุ์ทดสอบนั้นๆ อย่างไรก็ตาม Falconer and Mackay (1996) ให้เหตุผลในทางทฤษฎีว่า การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ที่ยังไม่คงตัวทางพันธุกรรม ย่อมเป็นการทดสอบสมรรถนะการผสมทั่วไป ไม่ว่าสายพันธุ์ทดสอบจะมีฐานพันธุกรรมแคบหรือกว้าง ดังจะเห็นได้จากการทดลองจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการปรับปรุงประชากรไม่ได้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ทดสอบ (Russell *et al*., 1973) แต่ความสำเร็จส่วนใหญ่มาจากประชากรเริ่มต้น และการทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ (Genter and

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Eberhart, 1974) นอกจากนี้ สมรรถนะการผสมของแต่ละสายพันธุ์กับสายพันธุ์ทดสอบไม่มีความสัมพันธ์กันเมื่อนำสายพันธุ์ดังกล่าวไปผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่สายพันธุ์ทดสอบโดยตรง (Cress, 1966; Castellanos *et al.*, 1998) ทั้งนี้ เนื่องจากสมรรถนะการผสมของคู่ผสม มาจากทั้งพ่อและแม่ ไม่ได้มาจากข้างใดข้างหนึ่ง ดังนั้นการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะการผสมทั่วไป ซึ่งเป็นผลมาจากยีนผลบวก หรือข่มไม่สมบูรณ์ จึงควรคัดเลือกโดยตรงจากผลผลิตที่ปรากฏในสายพันธุ์อินเบรด ที่ปราศจากการรบกวนจากพันธุกรรมของสายพันธุ์ทดสอบ แต่การทดสอบสายพันธุ์อินเบรดโดยตรงมีจุดอ่อนตรงความอ่อนแอของสายพันธุ์อินเบรด ทำให้สายพันธุ์อินเบรดมีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมสูงส่งผลให้ขาดความแม่นยำในการวัดผลผลิต ดังจะเห็นได้จากผลงานของ Lonnquist and Lindsey (1964) ที่แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของสายพันธุ์อินเบรดสูงเป็น 7 เท่า ของคู่ผสมทดสอบที่ได้มาจากการผสมกับสายพันธุ์ทดสอบจากต่างแหล่งพันธุกรรม และเป็น 5 เท่า ของคู่ผสมทดสอบที่ได้มาจากการผสมกับสายพันธุ์ทดสอบภายในประชากรเดียวกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวน่าจะทำให้การคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรด โดยตรงจากแต่ละงานทดลองมีความก้าวหน้าในการคัดเลือกแตกต่างกัน ดังนั้นความแม่นยำในการวัดผล น่าจะเป็นตัวกำหนดถึงประ สิทธิภาพในการคัดเลือก ไม่ว่าสายพันธุ์ดังกล่าวจะได้มาด้วยวิธีปรับปรุงแบบใด นอกจากนี้ปัญหาของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม (G x E) ระหว่างฤดูปลูกเป็นสิ่งที่ต้องได้รับความสนใจอย่างจริงจังในการคัดเลือกสายพันธุ์

Weyhrich *et al*., (1998) ใช้เหตุผลดังกล่าว เพื่อเปรียบเทียบวิธีปรับปรุงประชากรต่างๆ ทั้งหมด 7 วิธี นั่นคือ 1) full-sib (FS), 2) half-sib โดยใช้สายพันธุ์อินเบรดเป็นสายพันธุ์ทดสอบ (HI), 3) modified ear-to-row (MER) ตามวิธีของ Compon and Comstock (1976), 4) mass selection (M), 5) S_1 selection (S_1), 6) S_2 selection (S_2) และ 7) reciprocal full-sib (RF) ทั้งหมดใช้ประชากรเดียวกัน คือ BS11 (Pioneer Two-ear Composite) ยกเว้นวิธี RF ใช้สองประชากรจาก BS10 (Iowa Two-ear Synthetic) และ BS11 โดยการผสมแบบต้นต่อต้น และใช้เมล็ด S_1 จากต้นที่ให้ผลดีในการผสมแบบต้นต่อต้น มาผสมกันเป็นประชากรของรอบต่อไป (ทั้งสองประชากรเป็นข้าวโพดที่ให้สองฝักต่อต้น จึงสามารถผสมข้ามและผสมตัวเองได้พร้อมๆ กันในแบบ full-sib จึงสามารถเก็บเมล็ด S_1 และลูกผสมได้จากต้นเดียวกัน) ผลจากการทดลองปรากฏว่า ทั้ง 7 วิธีสามารถเพิ่มผลผลิตของประชากรได้เช่นเดียวกัน โดยที่การคัดเลือกแบบ S_2 ให้ผลดีที่สุดแต่ไม่ต่างจาก MER ในขณะที่การคัดรวม (M) และ HI ในผลตอบสนองต่ำสุด นอกจากนี้เมื่อนำประชากรใหม่ของแต่ละวิธีผสมกลับไปหาประชากรเดิม (Co) วิธีคัดเลือกแบบ S_2 ให้ผลตอบสนองสูงสุด แต่เมื่อผสมกับสายพันธุ์อินเบรด B79 ที่ได้มาจากประชากร BS10 ทุกวิธีให้ผลตอบสนองได้พอๆ กัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยกเว้นวิธีคัดรวมซึ่งไม่ตอบสนองต่อการผสมดังกล่าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงประชากรโดยมีการทดสอบภายในประชากร ไม่ว่าจะเป็นการผสมตัวเองภายในประชากร (S_1 และ S_2) หรือผสมข้ามภายในประชากรเพื่อทดสอบสมรรถนะการผสม (MER) ต่างก็ให้ผลตอบสนองในการคัดเลือกได้ดีกว่า และให้ผลการผสมกับสายพันธุ์จากต่างแหล่งพันธุกรรม ที่เท่าเทียมกันกับประชากรที่มาจากการใช้สายพันธุ์ทดสอบจากต่างแหล่งพันธุกรรม (HI) และการคัดเลือกแบบวงจรสลับ (RF) นอกจากนี้ การคัดเลือกแบบ S_2 ยังให้สายพันธุ์อินเบรดที่มีผลผลิตสูงกว่าวิธีอื่นๆ ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า ค่าความเหนือระดับของคู่ผสมส่วนใหญ่มาจากผลบวกสะสมของยีนข่ม

Moll (1991) ใช้การคัดเลือกแบบ full-sib ใน F_2 ของลูกผสมเดี่ยว NC7 x C121 ตามวิธีของ Compon and Comstock (1976) จำนวน 15 รอบคัดเลือก และงานทดลองของ Landi and Frascaroli (1993) ใน F_2 ของลูกผสมเดี่ยว A632 x Mu195 จำนวน 4 รอบคัดเลือก ประชากรในรอบสุดท้ายของการคัดเลือกของทั้งสองการทดลอง ให้ผลผลิตต่ำกว่าลูกผสมเดี่ยวเริ่มต้นของแต่ละการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ผลผลิตของประชากรเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบคัดเลือก แต่การสะสมยีนที่ดียังไม่สูงพอที่จะลบล้างผลของยีนแฝงภายในประชากร ซึ่งมีลักษณะคล้ายผลการคัดเลือกใน 3 รอบแรกของ Genter (1976) ในการปรับปรุงประชากร F_2ของลูกผสมเดี่ยว Va17 x Va29 โดยวิธีคัดเลือกแบบ full-sibs โดยใน 3 รอบการคัดเลือกแรกใช้เมล็ดจาก full-sibs ที่ให้ผลผลิตสูงสุด มาผสมแบบพบกันหมด และใช้เมล็ด S_1จากการคัดเลือกในรอบที่ 3 มาผสมแบบพบกันหมดในรอบที่ 4 ผลผลิตเฉลี่ยของประชากรเพิ่มขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้ ผลผลิตต่ำสุดของคู่ผสมจากการผสมแบบพบกันหมดที่ได้รับการคัดเลือกตั้งแต่ C_0 และ C_3 ก็เพิ่มขึ้นตามลำดับเช่นกัน แต่ผลผลิตสูงสุดของคู่ผสมในแต่ละรอบคัดเลือกกลับลดลงตามลำดับ แต่เมื่อใช้ S_1 เข้าผสมเพื่อสร้างประชากรในรอบที่ 4 ผลผลิตของคู่ผสมที่ได้รับการคัดเลือกทั้งที่ต่ำสุดและสูงสุดเพิ่มขึ้น และ คู่ผสมที่ดีที่สุดให้ผลผลิต 99.8% ของลูกผสมเดี่ยวต้นกำเนิดจึงสรุปได้ว่า การผสมตัวเองเพื่อขจัดยีนแฝงออกจากประชากร มีความสำคัญต่อการเพิ่มสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ การใช้วิธีผสมแบบ full-sib เพียงอย่างเดียวทำให้มีการสะสมทั้งยีนที่ดีและไม่ดี ทำให้สายพันธุ์ต่ำสุดดีขึ้น แต่สายพันธุ์สูงสุดกลับถอยลง การคัดเลือกในรอบที่ 3 จึงเป็นการประยุกต์วิธี full-sib โดยใช้ S_1จากลูก full-sibs ที่ดีเพื่อสร้างประชากรใหม่แทนที่จะใช้เมล็ด full-sib จึงเป็นการผสมผสานระหว่างวิธี full-sib และ S_1

สันติโรจน์ (2534) ปรับปรุงประชากรโดยใช้หลักการประชากรแบบกึ่งเปิด เริ่มจากการสกัดสายพันธุ์อินเบรดจากข้าวฟ่างมก.8 รอบ-0 โดยวิธีจดประวัติจนถึงชั่วที่ 5 (F_5) หลังจากนั้นผสมสายพันธุ์ F_5จำนวน 11 สายพันธุ์ S_1 และ S_2 จากมก.8 รอบ-0 อีก 2 และ10 สายพันธุ์ตามลำดับกลับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เข้าสู่ มก.8 (S_1) รอบ-0 และ มก.8 (S_2) รอบ-1 เข้าเปรียบเทียบผลผลิตและลักษณะทางเกษตร ปรากฏว่า ไม่มีการตอบสนองต่อการคัดเลือกใน มก.8 (S_1) รอบ-1 และ มก.8 (S_2) รอบ-1 แต่ผลผลิตของ มก.8-1 (S_1) รอบ-1 และ มก.8-1 (S_2) รอบ-1 มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 20 และ 24% เมื่อเปรียบเทียบกับ มก.8 รอบ 0 แสดงถึงประสิทธิภาพในการเพิ่มเชื้อพันธุกรรมที่ดีเข้าสู่ประชากร ถึงแม้ว่าเชื้อพันธุ์เหล่านั้นจะมาจากประชากรเดิม นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่า การคัดเลือกภายในประชากร ทำให้เกิดสมดุลทางพันธุกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้ความก้าวหน้าในการคัดเลือกรอบหลังๆ ถดถอยลงหรือหยุดชะงักไป

ผลการทดลองในทำนองเดียวกันในข้าวโพดโดย Samphantharak and Yavilad (2002) ยืนยันข้อสรุปดังกล่าว คือการคัดแยกประชากร และการใช้ประชากรกึ่งเปิดช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ที่จะนำกลับเข้าสู่ประชากรเดิมควรได้รับการทดสอบสมรรถนะการผสมกับประชากรเดิมก่อน

การปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวม

การผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อสกัดสายพันธุ์แท้ทำให้เกิดการตรึงตัวทางพันธุกรรม 50 เปอร์เซ็นต์ต่อการผสมตัวเองแต่ละครั้ง ในทางทฤษฎีค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์อินเบรดที่สกัดได้ จะมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ของลูกผสมที่นำมาสกัดสายพันธุ์อินเบรด และเนื่องจากในทางปฏิบัติมักคัดสายพันธุ์อินเบรดเพียงไม่กี่สายพันธุ์ในแต่ละชั่วของการผสมตัวเอง ค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์ที่คัดไว้จึงน่าจะใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ดังนั้นจึงมีโอกาสสูงมากที่สายพันธุ์อินเบรดในช่วงสุดท้ายจะมีผลผลิตเฉลี่ยของสายพันธุ์อยู่ที่ประมาณค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ทำให้สายพันธุ์อินเบรดส่วนมากมักมีความอ่อนแอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อสายพันธุ์พ่อแม่มียีนแฝงที่ทำให้เกิดการเสื่อมถอยทางพันธุกรรมอยู่สูง (กฤษฎา, 2546)

เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวข้างต้น Macaulay (1928) เสนอให้ใช้วิธี plot-inbreeding ซึ่งต่อมา Kinman (1952) เสนอให้ใช้สายพันธุ์ผสมรวม (composite-sibbed line) ซึ่งหมายถึง ประชากรที่ได้จากการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ที่มีแหล่งกำเนิดจากต้นเดียวกันและ Stringfield (1974) เรียกสายพันธุ์ดังกล่าวว่า อินเบรดฐานกว้าง (broad line) แต่ในที่นี้จะใช้คำว่าสายพันธุ์ผสมรวม แนวคิดดังกล่าวมาจากเหตุผลในเชิงทฤษฎีที่ว่าเมื่อมีการผสมข้ามอย่างอิสระภายในสายพันธุ์ความถี่ของยีนย่อมเข้าสู่สมดุลทางพันธุกรรมภายใน 1 ชั่ว และจะคงอยู่ตลอดไปตาม Hardy-Weinberg equilibrium แต่หากมีการคัดเลือกเข้าช่วยและมีการผสมข้ามอย่างอิสระอย่างต่อเนื่องภายในสาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุ์ ผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวมน่าจะเพิ่มขึ้นและมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ในแต่ละรอบคัดเลือก และเมื่อหยุดการคัดเลือกประชากรก็จะคงสมดุลของตัวเองตลอดไป สามารถนำไปสร้างลูกผสมที่มีลักษณะคงเดิมในแต่ละชั่วของการผสม

เพื่อที่จะสนับสนุนแนวคิดข้างต้น Kinman (1952) ปรับปรุงสายพันธุ์โดยการปลูกสายพันธุ์ S_1 ฝักละ 2 แถว และผสมตัวเองของพืชในแถวแรก พร้อมๆ กับผสมข้ามไปหาพืชในแถวที่สอง หลังจากนั้นผสมตัวเองและผสมข้ามของแต่ละแถวไปอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาสามชั่ว ได้สายพันธุ์ S_4 และสายพันธุ์ผสมรวมชั่วที่ 3 (C3) ผลการทดลองปรากฏว่า น้ำหนักฝักของสายพันธุ์ C3 เท่ากับ 182.8 กรัม/ฝัก ในขณะที่สายพันธุ์ S_4 มีน้ำหนักต่อฝักเพียง 99.0 กรัม/ฝัก นอกจากนี้ ความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ C3 ยังใกล้เคียงหรือดีกว่าสายพันธุ์ S_4 ที่มาจาก S_1 ต้นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสายพันธุ์ S_4 มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมสูงกว่าสายพันธุ์ C3 และเมื่อนำสายพันธุ์ S_1 S_3 และ C2 ผสมกับสายพันธุ์ทดสอบลูกผสมเดี่ยว ค่าเฉลี่ยของลูกผสมทดสอบจากสายพันธุ์ทั้งสามกลุ่มตลอดจนสายพันธุ์ทดสอบ มีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันซึ่งเป็นไปตามคาด เนื่องจากค่าสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ส่วนมาก เป็นผลมาจากผลบวกสะสมของยีนข่ม การกระจายตัวในชั่วหลังๆ จึงเป็นการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้น สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ผสมตัวเอง ที่คัดมาเพียงไม่กี่ต้นต่อสายพันธุ์ในแต่ละชั่ว จึงมีโอกาสสูงที่จะอยู่ที่ค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ผสมรวมที่มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน แต่ข้อได้เปรียบของสายพันธุ์ผสมรวม คือ เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและสามารถใช้ผลิตคู่ผสมที่ดีได้ตั้งแต่ในชั่วแรกๆ ซึ่งต่างจากการใช้สายพันธุ์จากการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งให้ผลผลิตต่ำและต้องใช้เวลาหลายชั่วในการคัดเลือกเพื่อให้มีพันธุกรรมคงที่ นอกจากนี้ก่อนนำไปผลิตลูกผสม เพื่อที่จะเพิ่มความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ผสมรวมตามวิธีของ Kinman (1952) จึงควรคัดเลือกสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ให้มีลักษณะโดยทั่วไปใกล้เคียงกัน ก่อนการผสมข้ามระหว่างแถว ซึ่งจะทำให้สายพันธุ์ผสมรวมมีความสม่ำเสมอสูงขึ้นและอาจเพิ่มผลผลิตของสายพันธุ์ในรอบหลังๆ ตลอดจนเพิ่มสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ โดยหลักการสายพันธุ์ผสมรวมน่าจะมีความแปรปรวนของผลผลิตและสมรรถนะการผสมในแต่ละชั่วของการคัดเลือกน้อยกว่าการคัดแยกสายพันธุ์ จึงสามารถนำไปใช้ผลิตพันธุ์ลูกผสมได้ตั้งแต่ชั่วแรกๆ

Samphantharak and Yavilads (2002) ใช้วิธีผสมแบบพบกันหมดของสายพันธุ์ S_1 โดยตรงและ S_1 จากประชากร Half Sib ในแต่ละรอบ ผลปรากฏว่า ไม่ว่าจะใช้ผลผลิตของ S_1 หรือผลผลิตของคู่ผสมเป็นเกณฑ์ ความถี่ของยีนจากพ่อแม่เริ่มต้น จะเคลื่อนเข้าหาสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูงตามลำดับและเข้าสู่สมดุลภายใน 2-3 รอบการคัดเลือก แต่การใช้ S_1 โดยตรงจากคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงเป็นเกณฑ์ สามารถรักษาระดับความแปรปรวนทางพันธุกรรมไว้ได้สูงกว่าการคัดเลือกโดยพิจารณาจากผลผลิตของ S_1 เป็นเกณฑ์ Kunwar and Samphantharak (2003) นำข้อมูลข้างต้นมาประยุกต์ใช้โดยเริ่มจาก F_2 ของลูกผสมเดี่ยวเพื่อปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดและสายพันธุ์ผสมรวม โดยการผสม S_1 ที่คัดได้ในแต่ละรอบคัดเลือกอย่างต่อเนื่องเพื่อสกัดสายพันธุ์แท้ ในขณะเดียวกันก็นำเข้าผสมแบบพบกันหมดเพื่อเริ่มการคัดเลือกในรอบต่อไป และใช้ F_1 ของแต่ละรอบคัดเลือกเป็นสายพันธุ์ผสมรวม ผลปรากฏว่าคู่ผสมจากสายพันธุ์ผสมตัวเองหรือสายพันธุ์ F_1 ต่างให้คู่ผสมระหว่างครอบครัวและภายในครอบครัวที่มีผลผลิตสูงไม่แตกต่างกัน

Phuong and Samphantharak (2006) พัฒนาลูกผสมชั่วแรกๆ ของข้าวโพดไร่โดยใช้สายพันธุ์ผสมรวม เริ่มจากการนำลูกผสมเดี่ยวทางการค้า 6 พันธุ์ มาพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวม โดยการใช้วิธี Modified S_1-full sib selection ผลผลิตของลูกผสมในชั่วแรกๆ จากสายพันธุ์ผสมรวม และสายพันธุ์อินเบรดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตจากการผสมแบบพบกันหมดของทั้งสองกลุ่มให้ผลที่คล้ายกัน สายพันธุ์ผสมรวมให้ผลผลิต วันออกดอก และความสูงที่ดีกว่าสายพันธุ์ S_3 การคัดเลือกโดยวิธี Modified S_1-full sib selection เป็นวิธีที่เหมาะสมในการสร้างลูกผสมชั่วแรกๆ และการพัฒนาสายพันธุ์อินเบรด

นฤมล (2548) ทำการทดลองการปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดฐานกว้างด้วยวิธีคัดเลือกแบบวงจรของสามสายพันธุ์พี่น้องเพื่อสร้างลูกผสมข้าวโพดหวานพิเศษ โดยนำสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตและมีลักษณะคุณภาพที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะปรับปรุงผลผลิตและจุดอ่อนของแต่ละสายพันธุ์ มาผสมในแบบพบกันหมด ได้คู่ผสมทั้งหมด 21 คู่ผสม แล้วคัดเลือกคู่ผสมที่ดีที่สุดเหลือแค่ 5 คู่ผสม โดยทำการผสมตัวเองและคัดเลือกฝัก S_1 5 ฝักจากแต่ละครอบครัว นำไปปลูกและผสมตัวเองทำการคัดเลือกและปลูกต่อในแบบแถวต่อแถว จนถึง S_3 นอกจากนี้ นำเมล็ด S_1 ที่เหลือ 3 จาก 5 ฝักของแต่ละครอบครัว มาปลูกในแบบฝักต่อแถวและคัดเลือกต้นที่ดีที่สุดในแต่ละแถว เพื่อใช้เป็น S_1C_0 นำมาผสมภายในครอบครัวแบบพบกันหมด ได้ 3 F_1C_0 ต่อครอบครัว นำ 3 F_1C_0 ไปปลูกในแบบ ฝัก-ต่อ-แถว และผสมตัวเองเพื่อคัดฝักที่ดี 1 ฝักต่อแถวได้ S_1C_1 ทำการผสมแบบพบกันเพื่อให้ได้ F_1C_1 นำละอองเกสรรวมของแต่ละ S_1C_0 และ S_1C_1 ซึ่งถือว่าเป็นอินเบรดฐานกว้าง จากแต่ละรอบคัดเลือกผสมข้ามในแบบพบกันหมดภายในแต่ละรอบคัดเลือก เพื่อให้ได้ลูกผสมระหว่างครอบครัว 10 คู่ผสมต่อรอบคัดเลือก ในขณะเดียวกัน นำสายพันธุ์อินเบรดฐานกว้างจากแต่ละรอบคัดเลือกไปผสมกับ 5 S_1 และ 5 S_3 ของครอบครัวเดียวกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า คู่ผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระหว่างครอบครัวจากอินเบรดฐานกว้าง ให้ลักษณะทรงต้นและมีคุณภาพฝักสดที่ดี ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากลูกผสมได้ลักษณะที่ดีจากพ่อแม่ โดยลูกผสมจากอินเบรดฐานกว้างที่ดีทั้งหมดได้มาจากคู่ผสมพันธุ์ของอินเบรดฐานกว้างที่มีพ่อแม่มาจากการผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรด Agsh2 201 กับสายพันธุ์อินเบรด Agsh2 303 หรือ Agsh2 309 ทำให้อินเบรดฐานกว้างดังกล่าวมีลักษณะพันธุกรรมใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คู่ผสมที่ดีมักมาจากพันธุกรรมในวงที่จำกัด มากกว่าจากความหลากหลายทางพันธุกรรมของพ่อแม่ นอกจากนี้ ลูกผสมย้อนกลับหรือการผสมระหว่างสายพันธุ์ภายในครอบครัวบางคู่ผสม ยังมีลักษณะทรงต้นและลักษณะทางคุณภาพดีกว่าคู่ผสมของพ่อแม่เดิมหรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการสร้างลูกผสมย้อนกลับ น่าจะเป็นประโยชน์สำหรับปรับปรุงคู่ผสมที่ดีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นสายพันธุ์อินเบรดฐานกว้างและลูกผสมอินเบรดฐานกว้าง ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์อินเบรดที่ผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องและลูกผสมย้อนกลับ ตามลำดับ และยังมีความสม่ำเสมอค่อนข้างสูง ถึงแม้ว่าผ่านการคัดเลือกมาเพียง 1 รอบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้อินเบรดฐานกว้างเพื่อสร้างลูกผสมในชั่วแรกๆ และยังเปิดโอกาสให้มีการปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดและลูกผสมอย่างต่อเนื่อง

ชฎามาศ (2550) พัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยนำลักษณะที่ดีของข้าวโพดหวานและข้าวโพดข้าวเหนียวมาผสมผสานกัน โดยการผสมข้ามในรูปแบบต่างๆ เพื่อถ่ายยีนเปลือกบางและคุณภาพในการรับประทานจากข้าวโพดข้าวเหนียวสู่ข้าวโพดหวาน โดยการผสมกลับ และผสมตัวเองจนถึง BC_1S_4 หลังจากนั้น นำสายพันธุ์แต่ละชุดมาสกัดสายพันธุ์ต่อโดยวิธี 1) selfed bulk within family line 2) mass sibbing within line 3) topcross within line และ 4) recurrent sibbed line พบว่าสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตสูงสุดจากการทดสอบผลผลิต 10 สายพันธุ์แรก 4 สายพันธุ์มาจากวิธี recurrent sibbed line 5 สายพันธุ์มาจากวิธี mass sibbing within line 1 สายพันธุ์มาจากวิธี selfed bulk within family line และไม่มีสายพันธุ์อินเบรดจากวิธี topcross within line ใน 10 อันดับแรก แสดงว่าวิธี recurrent sibbed line และ mass sibbing within line มีประสิทธิภาพในการให้สายพันธุ์อินเบรดที่มีผลผลิตเหนือกว่าอีก 2 วิธี จากการผสมทดสอบสายพันธุ์ทั้งหมดกับสายพันธุ์ C# 309 ได้ 53 คู่ผสม และคัดเลือก 2 สายพันธุ์ จากแต่ละวิธีด้วยสายตาโดยพิจารณาลักษณะเกษตรที่ดีนำมาผสมแบบพบกันหมดได้ 28 คู่ผสม ปรากฏว่าผลผลิตฝักสดสูงสุดของคู่ผสม 10 อันดับแรกของทั้งสองวิธีทดสอบ ส่วนใหญ่ได้มาจากสายพันธุ์ mass sibbing within line และ recurrent sibbed line นอกจากนี้ยังให้ลักษณะความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด และความหวาน 15 องศาบริกซ์ เท่ากับพันธุ์เปรียบเทียบ แต่มีความยาวของฝักที่เหนือกว่า ความลึกของเมล็ดโดยทั่วไปใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบจำนวนแถวเมล็ดในฝัก 14 แถว ไม่แตกต่างกับพันธุ์เปรียบเทียบ ปลายฝักเปลือย (blank

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

tip) อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ มีความสม่ำเสมอในเกณฑ์ที่ดี อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความหวานจากคะแนนการกัดชิมเป็นเกณฑ์ สายพันธุ์อินเบรดที่มาจากการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องและจากวิธี topcross within line ให้คู่ผสมทดสอบที่ได้รับคะแนนสูงสุด แสดงว่าผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับคุณภาพในการกัดชิมของคู่ผสม ปริมาณองศาบริกซ์ไม่มีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพการกัดชิม ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์จึงควรพิจารณาที่คุณภาพการกัดชิมร่วมกับผลผลิตของสายพันธุ์แทนที่จะพิจารณาไปที่ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

อัมราวรรณ (2551) ได้ศึกษาศักยภาพของวิธีการต่างๆ ในการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมเพื่อพัฒนาลูกผสมของข้าวโพดข้าวเหนียว โดยนำสายพันธุ์ BC_1F_1 จำนวน 5 สายพันธุ์ต่อคู่ผสม รวมทั้งหมด 3 คู่ผสมที่ได้มาจากการผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดหวานและข้าวโพดข้าวเหนียว $sh_2/sh_2//wx///sh_2F_1$ มาผสมตัวเองต่อไป จนถึงชั่ว BC_1S_2 ก่อนทำการผสมต่อเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรด โดยวิธี 1) selfed bulk within family line (SFL) 2) mass sibbing within line (MSL) 3) topcross within line (TCL) และ 4) recurrent sibbed line (RSL) ทำให้มีสายพันธุ์ทั้งหมดรวมกัน 60 สายพันธุ์ หลังจากผสมทดสอบกับสายพันธุ์ทดสอบ Agwx20 ในชั่ว BC_1S_4 ของ SFL และชั่วที่ 1 ของการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ของอีก 3 วิธี ผลของการทดสอบนำมาคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรด 2 สายพันธุ์จากแต่ละวิธี โดยคัดเลือกในชั่ว BC_1S_6 ของ SFL หลังการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ (sibbing) 4 ครั้ง ในวิธี MSL และ TCL โดยผสมตัวเองและผสมข้ามอย่างละ 2 ครั้ง ในวิธี RSL ทำการผสมแบบพบกันหมดใน 8 สายพันธุ์ ได้คู่ผสม 28 คู่ นำคู่ผสมทั้งหมดเข้าทดสอบผลผลิต พร้อมกับสายพันธุ์อินเบรดพ่อแม่ทั้งหมด ผลปรากฏว่า วิธี RSL ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ในการปรับปรุงผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวมเมื่อพิจารณาจากผลผลิต โดยเฉลี่ยของสายพันธุ์อินเบรดทั้งหมดของแต่ละวิธี ตามด้วย MSL SFL และ TCL ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ WSFL25 ซึ่งมีผลผลิตต่ำ และ WRSL22 ซึ่งมีผลผลิตสูง ค่อนข้างโดดเด่นในการให้ลูกผสมที่ดี เนื่องจากลูกผสม 8 ใน 10 อันดับแรกมีสายพันธุ์ดังกล่าวร่วมอยู่ด้วยอย่างละ 4 คู่ผสม ผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดไม่ใช่ดัชนีบ่งชี้ถึงสมรรถนะการผสมที่ดีของสายพันธุ์เสมอไป แต่ผลผลิตที่สูงของสายพันธุ์อินเบรดมาจากผลบวกสะสมของยีนข่ม และมีความจำเป็นต่อการผลิตลูกผสม จึงเป็นเหตุผลที่ดีที่จะเลือกโดยใช้ผลผลิตเป็นเกณฑ์ในชั่วแรกๆ เพื่อค้นหาสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ก่อนการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ ลักษณะทางคุณภาพของข้าวโพดข้าวเหนียวโดยปกติควบคุมด้วยยีนแฝง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้วิธี RSL โดดเด่นอย่างชัดเจนทั้งในทางทฤษฎีและจากผลการทดลอง เนื่องจากเป็นวิธีคัดเลือกที่มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การผสมตัวเองเพื่อสะสมยีนผลบวกที่ดี สลับกับการผสมข้ามเพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมภายในสายพันธุ์ ส่งผลให้ได้สายพันธุ์ผสมรวมที่ให้ผลผลิตสูง

จงใจ (2552) ศึกษาการแสดงออกของสายพันธุ์ผสมรวมและสายพันธุ์ย่อยของแต่ละสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากสามวิธีคัดเลือกการปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดในแบบผสมรวมภายในสายพันธุ์ (mass sibbed line selection, MSL) และการผสมแบบวงจรภายในสายพันธุ์ (recurrent full-sibbed line selection, RFL) ให้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตเหนือกว่า การผสมตัวเองภายในสายพันธุ์ครอบครัว (selfed family line selection, SFL) นอกจากนี้การแยกสายพันธุ์ย่อย (subline) ออกมาจากสายพันธุ์ RFL เดิม เพื่อปรับปรุงต่อในแบบ MSL และ RFL ส่งผลให้ผลผลิตของสายพันธุ์ย่อยเพิ่มขึ้นเหนือกว่าสายพันธุ์เดิมที่ได้รับการปรับปรุงแบบ RFL อย่างต่อเนื่อง ในขณะที่สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ย่อยมีความแปรปรวนไปจากสายพันธุ์เดิมน้อยมาก เป็นผลให้ลูกผสมทดสอบของสายพันธุ์เดิมและสายพันธุ์ย่อย มีลักษณะโดยรวมใกล้เคียงกัน ดังนั้นการสร้างลูกผสมในชั่วแรกๆ โดยใช้สายพันธุ์วงจร (RFL) จึงน่าจะทำได้ โดยไม่ทำให้ลูกผสมในชั่วหลังๆ เปลี่ยนไปมากนัก นอกจากนี้การแยกสายพันธุ์ย่อยออกจากสายพันธุ์เดิมก็น่าจะทำให้ความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ดีขึ้น ผลผลิตดีขึ้น โดยที่สมรรถนะการผสมเปลี่ยนไปจากเดิมไม่มากนัก วิธีปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวมทุกวิธี สามารถให้สายพันธุ์ผสมรวมที่มีสมรรถนะการให้ลูกผสมที่ดีได้เช่นกัน แต่สายพันธุ์ส่วนใหญ่ที่ให้สมรรถนะการให้ลูกผสมที่ดีมาจากวิธี RFL ดังนั้นโดยภาพรวม วิธีปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวมในแบบ RFL น่าจะให้ประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุด ยิ่งกว่านั้นวิธีปรับปรุงสายพันธุ์แบบ RFL ซึ่งมีการผสมตัวเองสลับกับการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ ยังมีระดับการตรึงตัวทางพันธุกรรม (homozygosity) ที่ใกล้เคียงกับการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง (SFL) เมื่อพิจารณาในชั่วของการปรับปรุงพันธุ์ที่เท่ากัน แต่สายพันธุ์ RFL ให้ความแข็งแรงและผลผลิตของสายพันธุ์เหนือกว่าสายพันธุ์จากการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง

การคัดสายพันธุ์โดยพิจารณาจากผลผลิตเป็นเกณฑ์

Lamkey and Hallauer (1986) คัดเลือกสายพันธุ์ S_6 จากประชากร BSSS ที่ให้ผลผลิตสูงและต่ำอย่างละ 24 สายพันธุ์ แบ่งแต่ละกลุ่มออกเป็น 3 ชุดๆ ละ 8 สายพันธุ์ และแบ่งแต่ละชุดออกเป็น 2 กลุ่มย่อยกลุ่มละ 4 สายพันธุ์ ผสมระหว่าง 2 กลุ่มย่อยในแต่ละชุดทั้งหมด 3 ชุด ได้ 48HH และ 48LL และผสมระหว่างกลุ่มย่อย H และ กลุ่มย่อย L ทั้งหมด 6 ชุดได้ 96 HL ผลการทดสอบคู่ผสมแสดงว่า การคัดเลือกโดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดโดยตรง สามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แยกสมรรถนะการผสมสูงและต่ำของสายพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูงให้สมรรถนะการผสมโดยเฉลี่ยสูง และกลุ่มที่ให้ผลผลิตต่ำให้สมรรถนะการผสมโดยเฉลี่ยต่ำ แสดงให้เห็นว่า ยีนข่มเกินไม่มีความสำคัญต่อผลผลิตของประชากร BSSS อย่างไรก็ตาม ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดแต่ละต้นภายในแต่ละกลุ่มกับผลผลิตของคู่ผสมทดสอบมีค่าค่อนข้างต่ำ ไม่ว่าสายพันธุ์เหล่านั้นจะผสมกับสายพันธุ์ทดสอบที่มีผลผลิตสูงหรือต่ำ นอกจากนี้สายพันธุ์ทดสอบไม่ว่าแบบใด ต่างก็สามารถแยกสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ที่เข้าทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน แต่สายพันธุ์ทดสอบที่มีผลผลิตต่ำ จะให้ลูกผสมทดสอบที่มีความแปรปรวนสูงกว่าลูกผสมทดสอบจากสายพันธุ์ทดสอบที่มีผลผลิตสูง เนื่องจากความไม่เสถียรของสายพันธุ์ที่มีผลผลิตต่ำ กล่าวโดยสรุปก็คือ การคัดเลือกโดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดโดยตรงสามารถแยกประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม ที่มีสมรรถนะการผสมสูงและต่ำ แต่ไม่สามารถแยกสมรรถนะการผสมของแต่ละสายพันธุ์อินเบรดภายในแต่ละกลุ่ม โดยพิจารณาจากผลผลิตโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นสมรรถนะการผสมทั่วไปหรือสมรรถนะการผสมเฉพาะ ทั้งนี้เนื่องจากการเข้าคู่ผสมกับสายพันธุ์ทดสอบ ทำให้ยีนแฝงบางส่วนถูกบดบังด้วยยีนข่มจากสายพันธุ์ตรงข้าม ผลผลิตของคู่ผสมจึงไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดที่นำเข้าทดสอบคู่ผสม ดังนั้นหลังจากคัดเลือกโดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดโดยตรงแล้ว ควรจะต้องทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์อินเบรดที่คัดไว้กับสายพันธุ์ทดสอบต่างๆ หรือผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรดที่โดดเด่นในแง่มุมต่างๆ เพื่อหาคู่ผสมที่ดีที่สุดสำหรับสายพันธุ์อินเบรดนั้นๆ วิธีดังกล่าวได้รับการยอมรับโดยทั่วไปในการค้นหาคู่ผสมที่เหมาะกับสายพันธุ์อินเบรดแต่ละชุดจากงานทดลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งบ่งชี้ถึงความสำคัญของยีนผลบวกและยีนข่มไม่สมบูรณ์ต่อสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ นั่นหมายความว่า การทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์โดยตรงสามารถแยกสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับวิธีผสมทดสอบสายพันธุ์ เพราะสมรรถนะการผสมส่วนใหญ่เป็นผลมาจากยีนผลบวก ทั้งสองวิธีจึงมีประสิทธิภาพในการแยกสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ได้เช่นเดียวกัน แต่การคัดสายพันธุ์โดยตรงช่วยให้การคัดเลือกลักษณะอื่นๆ นอกเหนือจากผลผลิต สามารถทำไปพร้อมๆ กันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งน่าจะเป็นผลดีต่อสายพันธุ์อินเบรด ที่ใช้ในการผลิตลูกผสมเดี่ยวเพื่อการค้า นอกจากนี้ Genter and Eberhart (1974) ยังพบว่า คู่ผสมที่ดีระหว่างประชากรสามารถพิจารณาได้ค่อนข้างถูกต้องจากผลผลิตของแต่ละประชากรโดยตรง อย่างไรก็ตาม คู่ผสมที่ดีต้องมาจากพ่อแม่ที่สามารถชดเชยจุดอ่อนซึ่งกันและกัน ดังนั้น การทดสอบหาคู่ผสมที่ดีจึงยังคงมีความสำคัญเช่นกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั่วที่เหมาะกับการผสมทดสอบสายพันธุ์

เนื่องจากการตอบสนองของสายพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่เหมือนกัน นอกจากนี้ สายพันธุ์ต่างๆ ยังตอบสนองต่อการผสมทดสอบกับสายพันธุ์ทดสอบต่างๆ ไม่เหมือนกัน (Castellanos *et al.*, 1998) ซึ่งก็เป็นไปตามเหตุผลในทางทฤษฎีของ Cress (1966) ดังนั้น การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ในชั่วแรกๆ จึงไม่แตกต่างไปจากการคัดสายพันธุ์โดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์โดยตรง แต่การผสมทดสอบสายพันธุ์ก็มีความจำเป็น เพื่อหาคู่ผสมให้กับสายพันธุ์ต่างๆ ปัญหาที่ควรจะต้องพิจารณาจึงอยู่ที่ว่า จะทำการทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วใดของสายพันธุ์อินเบรด ด้วยเหตุผลในทางทฤษฎี การให้พืชผสมตัวเองจนถึงระดับสูงสุดที่ต้องการก่อนทำการผสมทดสอบ จะให้ผลการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์กับสายพันธุ์ทดสอบได้แม่นยำที่สุด แต่การกระทำดังกล่าว อาจทำให้เสียเวลาและต้นทุนในการปลูกสายพันธุ์ที่ไม่เป็นประโยชน์จำนวนมากในแต่ละชั่วของการคัดเลือก และเพื่อเป็นการลดแรงงานในการผสมตัวเองของสายพันธุ์ ที่อาจไม่เหมาะเป็นคู่ผสมกับสายพันธุ์ที่มีอยู่ หรือเพื่อมิให้สายพันธุ์อินเบรดมีความอ่อนแอจนเกินไป จนไม่สามารถนำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกผสมได้ การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ในชั่วใดดี จึงขึ้นอยู่กับสมดุลในเชิงทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

Hallauer (1990) พบว่า ค่าเฉลี่ยของคู่ผสมทดสอบในชั่ว S_1 และ S_8 กับสายพันธุ์ทดสอบ 5 สายพันธุ์ มีค่าใกล้เคียงกัน 6.78 และ 6.68 ตัน/เฮกตาร์ และค่าเฉลี่ยของคู่ผสมทดสอบในชั่ว S_1 และ S_8 กับแต่ละสายพันธุ์ทดสอบก็ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของคู่ผสมทดสอบแต่ละคู่ในชั่ว S_2 กับ S_5 หรือแม้แต่ผลผลิตของคู่ผสมทดสอบแต่ละคู่ในชั่ว S_7 กับ S_8 ปรากฏว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน ในทำนองเดียวกันคู่ผสมทดสอบในชั่ว S_1 กับ S_8 แต่ละคู่ของสายพันธุ์ทดสอบเดียวกัน ก็มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ต่ำ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากการกระจายพันธุ์ของสายพันธุ์ในระหว่างการคัดเลือก และ G x E ระหว่างสายพันธุ์เข้าทดสอบกับสายพันธุ์ทดสอบ ดังนั้นการทดสอบสายพันธุ์ในชั่วแรกๆ โดยพิจารณาจากแต่ละคู่ผสมอาจไม่ได้ผลดังที่คาด แต่เมื่อพิจารณา ผลโดยรวมโดยดูจากค่าเฉลี่ยของคู่ผสมทดสอบในชั่ว S_1 และ S_8 จากสายพันธุ์ทดสอบเดียวกัน ค่าเฉลี่ยจะใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นการพิจารณาสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ในชั่วแรกๆ จึงควรดูจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มสายพันธุ์เพื่อป้องกันความผิดพลาดเนื่องจากการกระจายพันธุ์ และคัดเลือกกลุ่มสายพันธุ์ที่ให้ผลที่ดีจากการทดสอบสมรรถนะการผสมเพื่อทำการผสมตัวเองในชั่วหลังๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลือกสายพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์

การสกัดสายพันธุ์อินเบรดไม่ใช่เรื่องที่ยุ่งยากนัก แต่การที่จะได้พันธุ์ลูกผสมที่ดีและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เป็นสิ่งที่ยุ่งยากกว่าหลายสิบเท่า Hallauer and Miranda (1988) คาดคะเนว่าน่าจะมีสายพันธุ์อินเบรดต่างๆ ไม่ต่ำกว่า 1 ล้านสายพันธุ์ ที่ได้รับการทดสอบเข้าคู่ผสม แต่มีสายพันธุ์ที่ประสบผลสำเร็จเชิงธุรกิจน้อยมาก ประมาณ 0.01-0.1 เปอร์เซ็นต์ ของสายพันธุ์ทั้งหมด และสายพันธุ์เหล่านี้ มักมีบรรพบุรุษร่วมกันไม่มากก็น้อย ทั้งนี้ อาจเป็นได้ว่าในอดีตไม่มีการทดสอบสายพันธุ์อินเบรดพ่อแม่พันธุ์ที่ดีต้องมีสมรรถนะการผสมที่ดี เพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง พ่อแม่พันธุ์ต้องมีความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งจะส่งผลให้ได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง และมีความแปรปรวนของลักษณะพันธุกรรมของลูกในรุ่นหลังๆ สูง ทำให้การคัดหาสายพันธุ์อินเบรดใหม่ๆ มีประสิทธิภาพ ตรงกันข้าม หากพ่อแม่พันธุ์มีลักษณะทางพันธุกรรมใกล้เคียงกัน ลูกผสมที่ได้ก็จะคล้ายๆ พ่อแม่เดิม ลูกในรุ่นหลังๆ มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่ำ ความก้าวหน้าในการคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่ๆ ก็ต่ำ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ย่อมมีขีดจำกัด ถ้าความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงจนเกินขีดจำกัด สมรรถนะการผสมจะลดลง ทำให้รุ่นลูกมีการปรับตัวที่เลวลง ดังนั้นพ่อแม่ที่ดีก็ควรเป็นสายพันธุ์ที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และให้ผลผลิตสูง (กฤษฎา, 2544)

สมรรถนะการผสม (ผลผลิตของลูกผสม) = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ + ความเหนือระดับของลูกผสมดังนั้นสมรรถนะการผสมจึงขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และความเหนือระดับของลูกผสมนั้นๆ ค่าความเหนือระดับของลูกผสมมีค่าตั้งแต่ติดลบจนถึงบวกในระดับต่างๆกัน ค่าความเหนือระดับของลูกผสมยังอาจใช้เป็นดัชนีแสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่และบ่งบอกถึงความถี่ของยีนที่มีประสิทธิภาพของพ่อแม่ (กฤษฎา, 2544)

การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์

การสกัดสายพันธุ์อินเบรดไม่ใช่เรื่องยุ่งยาก แต่การที่จะได้พันธุ์ลูกผสมที่ดีและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เป็นสิ่งยุ่งยากมากกว่าหลายเท่านัก โดยสายพันธุ์อินเบรดในอดีตนั้นมักมาจากแหล่งพันธุกรรมที่ไม่มีการปรับปรุงก่อนนำมาสกัดสายพันธุ์ ดังนั้นสายพันธุ์อินเบรดในยุคแรกๆ จึงมีผลผลิตต่ำและส่งผลกระทบต่อลูกผสม และนอกจากนี้สายพันธุ์อินเบรดต่างๆ ยังได้มาจากการสุ่มโดยมิได้ประเมินคุณค่าของสายพันธุ์ การพิจารณาเพียงความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ เพื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หวังที่จะได้คู่ผสมที่มีความเหนือระดับ เป็นวิธีที่ขาดประสิทธิภาพ (Tracy and Chandler, 2006; กฤษฎา, 2551)

ถ้าหากความเหนือระดับของลูกผสมมาจากผลบวกสะสมของยีนข่มดังนั้นผลผลิตของลูกผสม = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ + ความเหนือระดับของลูกผสม แสดงให้เห็นว่า พ่อแม่ที่ให้ผลผลิตสูงมีโอกาสสูงที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามผลผลิตของลูกผสม (สมรรถนะการผสม) ยังขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างผลผลิตของพ่อแม่ (การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม) และความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ (ความเหนือระดับของลูกผสม) ซึ่งจะแสดงออกได้ก็ต่อเมื่อปลูกทดสอบลูกในชั่ว F_1 การประเมินคุณค่าของสายพันธุ์อินเบรดจึงน่าทำได้ใน 2 รูปแบบ คือ 1) การประเมินสมรรถนะการผสมโดยตรงของพ่อแม่ โดยการทดสอบลูก F_1 และ 2) การพิจารณาทางอ้อมโดยใช้ผลผลิตของพ่อแม่เป็นเกณฑ์ (กฤษฎา, 2551)

สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์

สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ (combining ability) หมายถึง ความสามารถของแต่ละสายพันธุ์ในการให้ลูกผสมที่ดี แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่ง เมื่อผสมกับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ลูกผสมที่ดี เป็นขีดความสามารถเฉพาะของคู่ผสมนั้นๆ และ 2) สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่งเมื่อผสมกับอีกหลายๆ สายพันธุ์ แล้ว ให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมสูง เป็นขีดความสามารถทั่วไปของสายพันธุ์นั้นๆ (กฤษฎา, 2544)

Spraque and Tatum (1942) กล่าวว่าสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แท้ เป็นปัจจัยสุดท้ายที่กำหนดการใช้ประโยชน์ของสายพันธุ์แท้ และยังมีความสำคัญต่อการประเมินสายพันธุ์ และการปรับปรุงประชากรในข้าวโพด โดยสมรรถนะการผสมทั่วไป เป็นค่าการแสดงออกของลูกผสมโดยเฉลี่ยที่เกิดจากการรวมตัวของสายพันธุ์แท้แต่ละสายพันธุ์กับสายพันธุ์อื่นๆ ส่วนสมรรถนะการผสมเฉพาะเป็นค่าการแสดงออกของลูกผสมแต่ละคู่

Rojas and Spraque (1952) แนะนำว่าการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมโดยใช้ สายพันธุ์ที่ได้ผ่านการคัดเลือกมาก่อนแล้ว ค่าความแปรปรวนของสมรรถนะการผสมเฉพาะจะมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสำคัญมากกว่าความแปรปรวนของลักษณะการผสมทั่วไป ขั้นตอนในการค้นหาลูกผสมจึงควรทดสอบสมรรถนะการผสมการผสมทั่วไปก่อน เมื่อได้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว จึงทดสอบสมรรถนะการผสมเฉพาะเพื่อหาคู่ผสมที่ดีต่อไป

การใช้สายพันธุ์ทดสอบ

การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ที่ใช้กันโดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี แต่ละวิธีมีประสิทธิภาพและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน การเลือกใช้วิธีให้เหมาะสมกับสภาพของงาน จะช่วยทำให้ประหยัดแรงงาน งบประมาณ และเวลา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์

1 การใช้สายพันธุ์ทดสอบ (topcross หรือ testcross) เนื่องจากคำว่า topcross มีรากศัพท์มาจากวิธีผสมเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม (Cow, 2000) ปัจจุบันจึงนิยมใช้คำว่า testcross ซึ่งหมายถึงการผสมกับสายพันธุ์ทดสอบ เพื่อแสดงถึงการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ โดยนำสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบผสมข้ามกับสายพันธุ์ทดสอบ อาจใช้สายพันธุ์ทดสอบเพียงหนึ่งสายพันธุ์หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ทดสอบ วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้ทดสอบเมื่อมีจำนวนสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบมีเป็นจำนวนมาก ปัญหาที่ยุ่งยากคือ การเลือกสายพันธุ์ทดสอบ โดยมีงานทดลองจำนวนมากเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสายพันธุ์ทดสอบ ดังเช่น การใช้พันธุ์ลูกผสมเดี่ยวและพันธุ์คละที่มีฐานพันธุกรรมกว้าง (พันธุ์คละ หมายถึงพันธุ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่พันธุ์แท้หรือลูกผสมเดี่ยว) เปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่มีฐานพันธุกรรมแคบ ซึ่งอาจเป็นสายพันธุ์แท้หรือสายพันธุ์อินเบรดที่มีความคงตัวทางพันธุกรรมสูง อย่างไรก็ตาม ลูกผสมเดี่ยวอาจเป็นพันธุ์ที่มีฐานทางพันธุกรรมที่กว้างก็ได้ ถ้าพ่อแม่มีมีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง ดังนั้นสายพันธุ์ที่มีฐานทางพันธุกรรมแคบ จึงจำกัดอยู่เฉพาะสายพันธุ์อินเบรดที่มีความคงตัวทางพันธุกรรมสูงเท่านั้น (สายพันธุ์แท้) ทั้งนี้ตั้งสมมุติฐานว่า ถ้าสายพันธุ์ใดผสมข้ามกับพันธุ์ที่มีฐานพันธุกรรมกว้าง และให้ลูกผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงก็เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง และถ้าผสมกับสายพันธุ์แท้แล้วให้ลูกผสมที่มีค่าเฉลี่ยสูงแสดงว่ามีสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง และในแนวคิดคล้ายๆ กันอาจใช้สายพันธุ์ทดสอบที่เป็นสายพันธุ์อินเบรดหลายๆ สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับการใช้สายพันธุ์อินเบรดเพียงสายพันธุ์เดียว หรือมีการใช้สายพันธุ์ทดสอบที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง เปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทดสอบที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปต่ำ (Sprague and Tatum, 1942)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นการเลือกใช้สายพันธุ์ทดสอบ น่าจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละโครงการและในแต่ละขั้นตอนของโครงการปรับปรุงพันธุ์ (Hallauer and Miranda, 1988) โดยขึ้นอยู่กับจำนวนสายพันธุ์ที่มีอยู่ในโครงการและลูกผสมที่ต้องการพัฒนา ถ้าต้องการพัฒนาลูกผสมเดี่ยวสายพันธุ์ทดสอบที่ดีที่สุด ก็น่าจะเป็นสายพันธุ์อินเบรดที่เข้าคู่กับสายพันธุ์เข้าทดสอบ ถ้าต้องการลูกผสมสามทางก็ควรใช้ลูกผสมเดี่ยวเป็นตัวทดสอบ (กฤษฎา, 2551) Hallauer and Lopez-Perez (1979) ให้ความเห็นว่า ถ้าไม่มีสายพันธุ์ทดสอบที่กำหนดไว้ล่วงหน้า การใช้สายพันธุ์ที่ดีที่สุดในโครงการเป็นสายพันธุ์ทดสอบน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

2 การผสมแบบพบกันหมดภายในกลุ่ม (Diallel cross)

การผสมแบบพบกันหมดภายในกลุ่มทำให้ได้คู่ผสมเท่ากับ $n(n-1)/2$ เมื่อ n = จำนวนสายพันธุ์ของอินเบรดที่ต้องการทดสอบ วิธีการนี้เป็นการทดสอบสมรรถนะการผสมเฉพาะของแต่ละคู่ผสมโดยตรง ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่เกี่ยวข้องกับแต่ละสายพันธุ์ ใช้เป็นดัชนีวัดค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป ข้อเสียของวิธีการนี้คือ เมื่อมีสายพันธุ์เพิ่มขึ้น จำนวนคู่ผสมจะมากขึ้นเป็นทวีคูณ ทำให้การทดสอบผลผลิตของลูกผสมขาดประสิทธิภาพ นอกจากนี้สายพันธุ์แต่ละสายพันธุ์ถึงแม้จะมีสมรรถนะการผสมดีเพียงใด ก็คงไม่สามารถผสมได้ดีกับทุกๆ สายพันธุ์โดยไม่มีข้อจำกัดวิธีการนี้จึงเหมาะกับสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วเป็นอย่างดี และไม่ควรใช้เกิน 10 สายพันธุ์ (กฤษฎา, 2544)

3. การผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (Factorial cross)

การผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) เป็นการพบกันครึ่งทางระหว่างวิธีที่หนึ่งและสอง ถ้ามีสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบไม่มากนัก แต่ก็มากเกินกว่าจะผสมแบบพบกันหมด เช่นมีสายพันธุ์อยู่ 20 สายพันธุ์ให้แบ่งออกเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีจำนวนสายพันธุ์เท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ ทำการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม จำนวนคู่ผสมจะเท่ากับผลคูณของสายพันธุ์จากแต่ละกลุ่ม เช่นถ้าแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเท่าๆ กัน คู่ผสมที่ได้เท่ากับ $10 \times 10 = 100$ คู่ผสม หรืออาจแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 5 สายพันธุ์ จับคู่ระหว่างกลุ่ม ได้คู่ผสมชุดละ 25 คู่ผสม รวมทั้งหมด 50 คู่ผสม แต่ถ้าให้ผสมแบบพบกันหมดทั้ง 20 สายพันธุ์ คู่ผสมที่ได้เท่ากับ $(20 \times 19)/2 = 190$ คู่ผสมจะเห็นว่าถ้าหากมีสายพันธุ์ที่ต้องทดสอบจำนวนมาก การทดสอบสมรรถนะการผสมโดยวิธีที่สาม ประหยัดแรงงานได้ดีกว่าวิธีการผสมแบบพบกันหมด แต่ก็ทำให้ขาดข้อมูลบางอย่างไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตาม วิธีที่สามจะเป็นประโยชน์มาก ถ้าหากทราบประวัติของสายพันธุ์ โดยแบ่งสายพันธุ์ที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้เคียงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นการเลือกวิธีการทดสอบสมรรถนะการผสม จึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด การทดสอบสมรรถนะการผสมแบบที่ 2 และ 3 มีผลคล้ายๆ กับการทดสอบโดยใช้สายพันธุ์ทดสอบหลายสายพันธุ์ตามวิธีที่ 1 (กฤษฎา, 2551)

ผลกระทบของระยะปลูกต่อการคัดเลือกพันธุ์

Doggett (1972) ศึกษาในข้าวฟ่างและสรุปว่า ควรทำการคัดเลือกพืชในรุ่นแรกๆ ที่ระยะปลูกกว้างเพื่อทำให้พืชแยกออกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ลักษณะที่มีการแข่งขันต่ำ ดังเช่น พวกตัวผู้ที่เป็นหมันมักมีปริมาณลดลง เมื่อมีการปลูกอย่างหนาแน่น แต่การคัดเลือกในช่วงหลังๆ ควรคัดที่ระดับความหนาแน่นปกติ Hamblin *et al.* (1978) ให้ความเห็นในทางเดียวกันว่า พืชที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพไร้การแข่งขัน ไม่จำเป็นต้องให้ผลผลิตสูงในสภาพแปลงปลูกหนาแน่น อย่างไรก็ตาม หากมีการคัดพืชไว้จำนวนที่มากพอ ก็น่าจะมีพืชหลายสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง เมื่อปลูกในสภาพหนาแน่นปกติ สภาพการปลูกที่หนาแน่นทำให้การแยกความแตกต่างของสายพันธุ์ไม่มีประสิทธิ ภาพเป็นผลให้การคัดเลือกขาดประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการแข่งขันที่ไม่เท่าเทียมกันระหว่างพันธุกรรมที่แตกต่างกัน

สภาพแวดล้อมที่จะทำให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงสุด หรือสภาพแวดล้อมในอุดมคติ คือ สภาพแวดล้อมที่พืชทุกต้นภายในประชากรสามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างเท่าเทียมกัน นับตั้งแต่พันธุกรรมของพืชที่เหมือนกัน ระดับพัฒนาการของพืชที่เท่ากัน สภาพแวดล้อมภายในแปลงปลูกสม่ำเสมอ และอื่นๆ ที่เท่าเทียมกัน สำหรับสภาพแวดล้อมไร้การแข่งขัน คือ สภาพที่พืชแต่ละต้นปลูกห่างกันจนไม่มีอะไรเกี่ยวข้องกัน เพื่อตัดการรบกวนซึ่งกันและกันให้เหลือเท่ากับศูนย์ สภาพแวดล้อมไร้การแข่งขัน ตอบสนองสภาพแวดล้อมในอุดมคติหนึ่งประการ คือ ลดการรบกวนซึ่งกันและกันให้เหลือเท่ากับศูนย์ เปิดโอกาสให้พืชใช้ทรัพยากรอย่างเท่าเทียมกันมากที่สุด ลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมในแปลงปลูกที่แตกต่างกัน เป็นการลดช่องว่างระหว่างสภาพแวดล้อมของประชากรพันธุกรรมเดี่ยวในสภาพเกษตรกรรม (การใช้สายพันธุ์แท้หรือพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว) กับสภาพแวดล้อมประชากรพันธุกรรมคละในสภาพปลูกที่หนาแน่นของแปลงทดลอง (กฤษฎา, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Fasoula (1990) ทำการทดลองขยายพันธุ์แท้ของข้าวสาลีในสภาพการปลูกหนาแน่น และสรุปว่า พวกให้ผลผลิตสูงในสภาพไร้การแข่งขัน ให้ผลผลิตสูงเมื่อปลูกอย่างหนาแน่นในสภาพพันธุกรรมเดี่ยว และพวกให้ผลผลิตต่ำ ก็จะให้ผลผลิตต่ำในสภาพปลูกหนาแน่น แต่เมื่อปลูกในสภาพแข่งขัน (ปลูกสลับแถวกับพันธุ์ดั้งเดิม) พวกให้ผลผลิตสูงในสภาพไร้การแข่งขันให้ผลผลิตต่ำในสภาพแข่งขัน และกลับกันสำหรับพวกให้ผลผลิตต่ำในสภาพไร้การแข่งขันค่าความสัมพันธ์ผลผลิตต่อต้นในสภาพไร้การแข่งขัน มีความสัมพันธ์ทางบวกกับสภาพปลูกหนาแน่นของพันธุกรรมเดี่ยว แต่มีความสัมพันธ์ในทางลบกับสภาพปลูกหนาแน่นของพันธุกรรมคละ แสดงให้เห็นว่าการทดสอบพืชสายพันธุ์แท้ที่หลากหลายสายพันธุ์โดยใช้แถวเดี่ยวคละกันในแปลงทดลองอาจทำให้ค่าของผลผลิตไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง เมื่อนำพืชนั้นไปปลูกในสภาพพันธุกรรมเดี่ยว การทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์แท้ จึงควรทดสอบในสภาพไร้การแข่งขันระหว่างสายพันธุ์

Tollenaar (1992) ได้ทดลองปลูกข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว 4 พันธุ์ ที่ระดับความหนาแน่น 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 18 และ 25 ต้น/ม^2 เป็นช่วงของสภาพตั้งแต่ไร้การแข่งขันจนถึงการแข่งขันอย่างรุนแรง ลำดับผลผลิตของข้าวโพดแต่ละพันธุ์ไม่เปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่น แต่ผลผลิตที่สภาพไร้การแข่งขันต่างกันมากที่สุด ทำให้แยกพืชแต่ละลักษณะพันธุกรรมได้อย่างชัดเจนที่สุด นอกจากนี้ ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในทางบวกของพืชที่ปลูกในสภาพไร้การแข่งขัน กับการปลูกอย่างหนาแน่นในสภาพพันธุกรรมเดี่ยว

การคัดเลือกแบบรวงผึ้ง (honeycomb selection designs)

Fasoula and Fasoula (1995) คัดเลือกพืชในผังรวงผึ้ง (honeycomb selection designs) เพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนของพื้นที่ทดลอง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การคัดเลือกขาดประสิทธิภาพ การคัดเลือกในผังรวงผึ้งมีประสิทธิภาพในการแยกแยะสายพันธุ์ที่ดีเด่นออกมาจากประชากรที่มีความหลากหลายของสายพันธุ์ และเนื่องจากผังรวงผึ้งช่วยให้มีการสุ่มตัวอย่างของความแตกต่างของพื้นที่ปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ค่าความแปรปรวน (CV, coefficient of variation) ของแต่ละหน่วยทดลอง จึงสามารถนำมาใช้แสดงค่าเสถียรของพันธุ์ได้อย่างมั่นใจ แทนที่จะค้นหาแผนการทดลองเพื่อเข้าไปแก้ไขความแตกต่างของสภาพแวดล้อม ดังที่ปฏิบัติกันอยู่ นักปรับปรุงพันธุ์ควรจะเลือกแผนการทดลองที่ใช้ความแปรปรวนของพื้นที่ปลูกให้เป็นประโยชน์ เพื่อการวิเคราะห์หาค่าเสถียรของพันธุ์ ตั้งแต่การคัดเลือกในชั่วแรกๆ ทั้งนี้ ผังรวงผึ้งมีคุณสมบัติดังกล่าวอย่างครบถ้วน (กฤษฎา, 2546) ผลจากงานทดลองของ Batzios (1993) ซึ่งใช้ฝ้ายจากคู่ผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดียวกันเพียง 1 คู่ เป็นพืชทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีจดประวัติในผังรวงผึ้ง กับวิธีจดประวัติตามปกติ และวิธีเก็บ 1 เมล็ด/ต้น ทำการคัดเลือกในสองท้องที่ ตั้งแต่ชั่ว F_2-F_5 หลังจากนั้นทดสอบสายพันธุ์ชั่ว F_6 อย่างละ 10 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 3 พันธุ์ สายพันธุ์จาก 2 วิธีหลังให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ นอกจากนี้ สายพันธุ์จากวิธีจดประวัติในผังรวงผึ้งยังมีความเหนือกว่าในลักษณะน้ำหนักของสมอฝ้าย และความยาวเส้นใย ยิ่งกว่านั้นทั้ง 10 สายพันธุ์ จากวิธีจดประวัติในผังรวงผึ้ง มาจาก F_2 8 ต้น แสดงถึงประสิทธิภาพของผังรวงผึ้งที่สามารถแยกต้นที่ดีได้ตั้งแต่ชั่ว F_2 หรือ F_3 Gill *et al*. (1995) ได้เปรียบเทียบวิธีจดประวัติในผังรวงผึ้ง (honeycomb pedigree) กับวิธีจดประวัติตามปกติ วิธีเก็บ 1 เมล็ดต่อต้น และวิธีเก็บรวมโดยใช้ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L.) 3 คู่ผสม เป็นพืชทดลอง ทำการทดสอบผลผลิตของพืชชั่ว F_5 และ F_6 จากแต่ละวิธีร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ วิธีจดประวัติในผังรวงผึ้งให้ประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่วิธีการอื่นๆ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

ธนพงษ์ (2546) ศึกษาสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดไร่ จำนวน 49 สายพันธุ์ ทำการคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดทั้งหมดโดยใช้ผังรวงผึ้งแบบแยกกลุ่ม R-49 และใช้วิธีคัดเลือก 3 วิธี คือ วิธีที่ 1 คัดเลือกด้วยสายตา คัดเลือก 1 ต้น จาก 19 ต้น ภายในแถวเดียวกัน โดยดูลักษณะทางพืชไร่ที่สำคัญเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก วิธีที่ 2 คัดเลือกโดยวิธีวงกลมเคลื่อนที่ ที่ระดับความเข้มข้น 5.3 เปอร์เซ็นต์ และวิธีที่ 3 คัดเลือกโดยใช้ดัชนีการคาดคะเน (prediction criterion) ผลการทดลองพบว่าการคัดเลือกทั้ง 3 วิธี ให้สายพันธุ์อินเบรดที่มาจากสายพันธุ์เริ่มต้นแตกต่างกัน 40-50 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกัน ถ้าพิจารณาจาก 10 สายพันธุ์อินเบรดที่ผ่านการคัดเลือกจากแต่ละวิธีการ ไม่ว่าจะเปรียบเทียบระหว่างวิธีการใดใน 3 วิธีการ ความแตกต่างของสายพันธุ์อินเบรดที่มาจากสายพันธุ์เริ่มต้นก็อยู่ที่ 40-50 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน จึงสรุปได้ว่าแต่ละวิธีคัดเลือกให้ผลการคัดเลือกที่แตกต่างกัน 40-50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม วิธีคัดเลือกโดยใช้วงกลมเคลื่อนที่ให้สายพันธุ์อินเบรดที่มาจากสายพันธุ์เริ่มต้นที่มีความหลากหลายสูงสุด แสดงถึงประสิทธิภาพในการคัดเลือกสายพันธุ์ตั้งแต่ชั่วแรกๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เชื้อพันธุกรรม

เชื้อพันธุกรรมจัดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง เป็นตัวกำหนดถึงความสำเร็จหรือล้มเหลวของเป้าหมายในการทดลอง เชื้อพันธุกรรมที่ใช้ในงานทดลองต้องตอบสนองต่อปัจจัยผันแปรที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง เพื่อตอบสนองต่อปัจจัยดังกล่าว การคัดเลือกเชื้อพันธุกรรมตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำมาจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ และลูกผสมทางการค้าของบริษัทเอกชน ซึ่งประกอบด้วย

1.1 เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่ จำนวน 7 คู่ผสม ดังนี้

crosses	Pedigree
1	Original Kon Lek 2029 (บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด)
2	SFL 1 / KSIF 608
3	RFL 2 / KSIF 608
4	RFL 4-1 / KSIF 608
5	SFL 2 / SFL 5
6	SFL 5 / SFL 3
7	SFL 5 / RFL 4

1.2 สายพันธุ์ผสมรวมสกัดจากพันธุ์ลูกผสม คนเหล็ก 2029 (KLS) โดยวิธีคัดเลือกแบบ selective mass sibbed line selection (MSL) รอบที่ 1 จำนวน 5 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 ฝัก จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สายพันธุ์ผสมรวม	ประวัติสายพันธุ์
8-1 cycle 1	Selected line from KLS 2029
8-2 cycle 1	Selected line from KLS 2029
8-3 cycle 1	Selected line from KLS 2029
8-4 cycle 1	Selected line from KLS 2029
8-5 cycle 1	Selected line from KLS 2029

1.3 ข้าวโพดไร่ลูกผสมทางการค้าที่ใช้ร่วมทดสอบผลผลิต ได้แก่

ลูกผสม	ประวัติสายพันธุ์
NTSF 123	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด
NTSF 181	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด
Pioneer B 80	บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
Pacific 339	บริษัท แปซิฟิก ประเทศไทยจำกัด
NK 48	บริษัท ซินเจนทา ซีดส์ จำกัด
Mon. 919	บริษัท มอนซานโต้ ไทยแลนด์ จำกัด

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

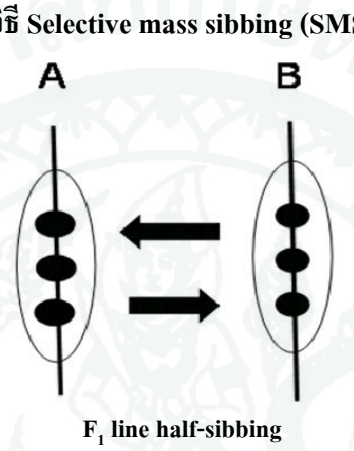
2.1 ถุงผสมตัวผู้และตัวเมีย
2.2 ปุ๋ยและสารเคมีควบคุมวัชพืช
2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก
2.4 เครื่องปลูกด้วยมือ
2.5 ป้ายกระดาษ
2.6 ตลับเมตร
2.7 ลวดสลิง
2.8 ปูนขาว
2.9 ไม้ปักแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. รายละเอียดของวิธีการผสมพันธุ์และคัดสายพันธุ์ของแต่ละวิธีที่นำมาใช้มีดังต่อไปนี้

1.1 วิธีคัดเลือก mass sibbing within line method (SMS)

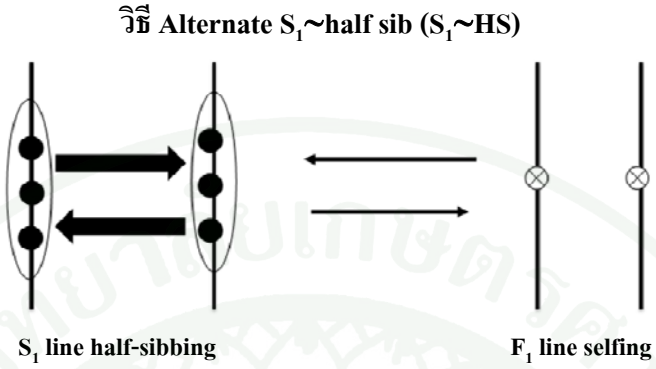


ภาพที่ 1 แสดงวิธีคัดเลือก mass sibbing within line method (SMS)

จากเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้น (cycle 0) นำเข้าปลูกเพื่อผสมตัวเองได้ S_1 (หรืออาจใช้ S_2 ในบางกรณี) หลังจากนั้นนำมาแบ่งเป็นชุดๆ ละ 2 ฝัก ปลูกแบบฝักต่อแถว โดยเลือกต้นที่ดีที่สุด 3 ต้นจากแถว A นำละอองเกสรจาก 3 ต้นมาคลุกรวมกันแล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถว B และนำละอองเกสร 3 ต้นจากแถว A มาคลุกรวมกันแล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถว B ดังนั้นในแต่ละรอบคัดเลือกจึงใช้เวลา 1 ฤดูปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

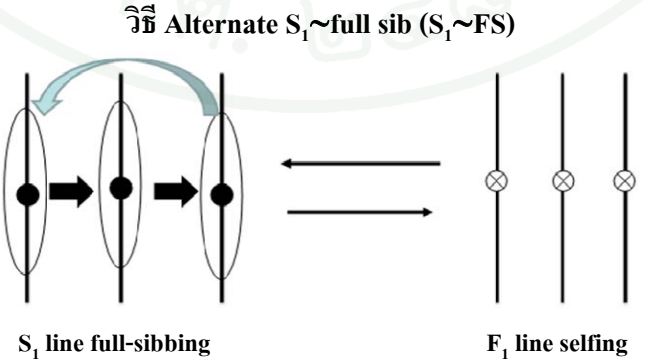
1.2 วิธีคัดเลือกสลับแบบ S_1~ half sib (S_1~HS)



ภาพที่ 2 แสดงวิธีคัดเลือกสลับแบบ S_1~ half sib (S_1~HS)

จากเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้น (cycle 0) นำเข้าปลูกเพื่อผสมตัวเองได้ S_1 (หรืออาจใช้ S_2 ในบางกรณี) หลังจากนั้นนำมาแบ่งเป็นชุดๆละ 2 ฝัก เพื่อนำไปปลูกต่อในแบบฝักต่อแถวในแต่ละชุดประกอบด้วยแถว A และแถว B โดยเลือกต้นที่ดีที่สุด 3 ต้นจากแถว A นำละอองเกสรมาคลุกรวมกันแล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถว B และนำละอองเกสร 3 ต้นจากแถว B มาคลุกรวมกันแล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถว A โดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตรที่และดีเลือกฝักที่ดีที่สุดในแต่ละแถว นำเมล็ดที่ได้ในแต่ละแถวไปปลูกในแบบฝักต่อแถวเพื่อผสมตัวเองต่อไป ดังนั้นในแต่ละรอบคัดเลือกจึงใช้เวลา 2 ฤดูปลูก

1.3 วิธีคัดเลือกสลับแบบ S_1~ full sib (S_1~FS)



ภาพที่ 3 แสดงวิธีคัดเลือกสลับแบบ S_1~ half sib (S_1~HS)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้น (cycle 0) นำเข้าปลูกเพื่อผสมตัวเองได้ S_1 (หรืออาจใช้ S_2 ในบางกรณี) หลังจากนั้นนำมาแบ่งเป็นชุดๆ ละ 3 ฝัก เพื่อนำไปปลูกต่อในแบบฝักต่อแถวในแต่ละชุดได้ 3 แถวประกอบด้วยแถว 1 แถว 2 และแถว 3 เลือกต้นที่ดีที่สุด 1 ต้นจากแถวที่ 1 นำละอองเกสรผสมข้ามไปยังต้นที่ดีที่สุด 1 ต้นในแถวที่ 2 และนำละอองเกสรจากต้นที่ดีที่สุดจากแถวที่ 2 ผสมข้ามไปยังต้นที่ดีที่สุด 1 ต้นในแถวที่ 3 และนำละอองเกสรจากต้นที่ดีที่สุดในแถวที่ 3 ผสมข้ามไปยังต้นที่ดีที่สุดในแถวที่ 1 ซึ่งเป็นการผสมแบบต้นต่อต้นจากต้นที่ดีที่สุดของแต่ละแถวภายในชุดเดียวกันโดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตรที่ดี เลือกฝักที่ดีที่สุดในแต่ละแถวนำเมล็ดที่ได้ในแต่ละแถวไปปลูกในแบบฝักต่อแถวเพื่อผสมตัวเองต่อไป ดังนั้นในแต่ละรอบคัดเลือกจึงใช้เวลา 2 ฤดูปลูก

2. แผนการดำเนินงาน

ฤดูปลูกที่ 1 (มีนาคม 2551-มิถุนายน 2551)

เริ่มจากนำเมล็ดข้าวโพดไร่ F_1 7 คู่ผสม (cycle 0) มาปลูกที่ระยะ 0.75 x 0.25 เมตร ยาว 5 เมตร อัตราปลูก 2 เมล็ดต่อหลุม ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม คัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีในแต่ละครอบครัว โดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตรก่อนผสมตัวเอง 5 ต้นต่อครอบครัว เมล็ดที่ได้เป็น S_1

ฤดูปลูกที่ 2 (กรกฎาคม 2551-กันยายน 2551)

ต่อเนื่องจากฤดูปลูกที่ 1 นำเมล็ด S_1 จาก 7 ครอบครัว มาปลูกในผังรวงผึ้งแบบไม่มีซ้ำ (non-replicated honeycomb design) จำนวน 100 ต้นต่อครอบครัว โดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 0.866 เมตร ซึ่งเป็นระยะปลูกที่มีการแข่งขันระหว่างต้นต่อต้นในระดับต่ำ เพื่อให้พืชแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกลักษณะทางเกษตรที่ดีด้วยสายตาก่อนผสมตัวเองจำนวน 6 ต้นต่อครอบครัว หลังจากนั้น แบ่งเมล็ด S_2 ของแต่ละครอบครัวออกเป็น 3 ส่วน เป็นการเริ่มต้นคัดเลือกของรอบคัดเลือกที่ 1 (cycle 1 S_1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฤดูปลูกที่ 3 (ธันวาคม 2551- เมษายน 2552)

แบ่งการทดลองเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่ม A คัดเลือกโดยวิธี alternate S_1~ half sib (S_1~HS)

2. กลุ่ม B คัดเลือกโดยวิธี alternate S_1~ full sib (S_1~FS)

สำหรับงานทดลองในชุด A และ B เป็นงานทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีคัดเลือกที่ใช้ฐานพันธุกรรมเริ่มต้นจากแหล่งเดียวกัน

3. กลุ่ม C ผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) เพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมของทั้ง 7 ครอบครัวเริ่มต้น

4. กลุ่ม D คัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมที่สกัดจากพันธุ์ลูกผสม KLS ต่อเนื่องจากเชื้อพันธุกรรมโดยวิธี ด้วยวิธี SMS หรือ HS อย่างต่อเนื่อง

กลุ่ม A นำเมล็ด cycle 1 S_2 จำนวน 7 ครอบครัว ครอบครัวละ 6 ฝัก แบ่งเป็นชุด ชุดละ 2 ฝัก ได้ 3 ชุดต่อครอบครัว มาปลูกฝักละ 1 แถว ได้ทั้งหมด 21 ชุด ทำการผสมภายในชุดในแบบ HS ตามวิธีที่ 1 เมล็ดที่ได้เป็นเมล็ด cycle 1 F_1 (HS)

กลุ่ม B นำเมล็ด cycle 1 S_2 จำนวน 7 ครอบครัว ครอบครัวละ 6 ฝัก แบ่งเป็นชุด ชุดละ 3 ฝัก ได้ 2 ชุดต่อครอบครัว มาปลูกในแบบฝักต่อแถว และคัดเลือกตามวิธี S_1~FS รวมทั้งหมด 14 ชุด เมล็ดที่ได้เป็นเมล็ด cycle 1 F_1

กลุ่ม C นำเมล็ด cycle 1 S_2 จำนวน 7 ครอบครัว ผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) ได้ 21 คู่ผสม

กลุ่ม D นำเมล็ด สายพันธุ์ผสมรวมที่สกัดจากลูกผสม KLS cycle 1 F_1 (HS) 5 ชุด มาปลูกที่ระยะ 0.75 x 0.50 เมตร โดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตร แล้วผสมตัวเองได้เมล็ดที่ cycle 2 S_1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฤดูปลูกที่ 4 (พฤษภาคม 2552-สิงหาคม 2552)

ต่อเนื่องจากฤดูปลูกที่ 3 นำเมล็ดที่ได้จากการคัดเลือกของแต่ละวิธีมาปลูกแบบตามรูปแบบของแต่ละกลุ่มโดยใช้ระยะปลูก 0.75 x 0.50 เมตร

กลุ่ม A นำเมล็ด cycle 1 F_1 (HS) จำนวน 21 ชุด แต่ละชุดปลูกฝักละ 1 แถวประกอบด้วย แถว A 1 แถว แถว B 1 แถว แล้วคัดเลือกต้นที่ดีโดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตร 1 ต้นต่อแถว ผสมตัวเอง เมล็ดที่ได้เป็น cycle 2 S_1

กลุ่ม B นำเมล็ด cycle 1 F_1 (FS) จำนวน 14 ชุด มาปลูกในแบบฝักต่อแถวดังนั้นใน 1 ชุด จึงประกอบด้วย 3 แถวต่อชุด คัดเลือกต้นที่ดีโดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตร 1 ต้นต่อแถว ผสมตัวเองได้เมล็ด cycle 2 S_1

กลุ่ม C นำเมล็ดลูกผสมจากการผสมแบบพบกันหมดทั้ง 21 คู่ผสมมาปลูกในผังทดลองแบบ randomized complete block design 4 ซ้ำ โดยใช้ระยะปลูก 0.75 x 0.25 ม. แถวยาว 5 เมตร 4 แถวต่อหน่วยทดลอง (plot)

กลุ่ม D นำเมล็ด cycle-2S_1จากฤดูปลูกที่ 3 จำนวน 5 ชุด ชุดละ 2 ฝัก มาปลูกในแบบฝักต่อแถวซึ่งในแต่ละชุดประกอบด้วย 1 แถว A และ 1 แถว B ผสมระหว่างแถวในแบบ HS เมล็ดที่ได้เป็นเมล็ด cycle 2 F_1 (HS)

ฤดูปลูกที่ 5 (ตุลาคม 2552-กุมภาพันธ์ 2552)

เพื่อลดจำนวนสายพันธุ์ให้อยู่ในระดับที่สามารถบริหารจัดการได้ จึงทำการคัดเลือกสายพันธุ์จากฤดูปลูกที่ 4 ของกลุ่ม A และกลุ่ม B ให้เหลือกลุ่มละ 5 ชุดโดยพิจารณาจากสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์สำหรับกลุ่ม C ทำการคัดเลือกโดยพิจารณาจากมาลักษณะทางเกษตรที่ดีด้วยสายตานำเมล็ดทั้งหมดปลูกตามรูปแบบของแต่ละกลุ่มโดยใช้ระยะปลูก 0.75 x 0.50 เมตร

กลุ่ม A หลักการผสมข้ามแบบ HS ได้เมล็ด cycle 2 F_1 (HS)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่ม B หลักการผสมข้ามแบบ FS ได้เมล็ด cycle 2 F_1 (FS)

กลุ่ม D ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ต่อโดยการนำเมล็ด cycle 2 F_1 (HS) 5 ชุด จากฤดูปลูกที่ 4 มาปลูกในแบบฝักต่อแถว แล้วคัดเลือกต้นที่ดีโดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตร 1 ต้นต่อแถว ผสมตัวเองได้ เมล็ด cycle 3 S_1

ฤดูปลูกที่ 6 (มีนาคม 2553-มิถุนายน 2553)

ต่อเนื่องจากฤดูปลูกที่ 5 ทำการปลูกเมล็ดตามรูปแบบของแต่ละกลุ่มโดยใช้ระยะปลูก 0.75 x 0.50 เมตร

กลุ่ม A นำเมล็ด cycle 2 F_1 (HS) จากฤดูปลูกที่ 5 ของ A จำนวน 5 ชุด มาปลูกตามรูปแบบของ S_1~HS คัดเลือกต้นที่ดีโดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตร 1 ต้นต่อแถวเพื่อผสมตัวเองได้เมล็ด cycle 3 S_1 แล้วแบ่งเมล็ดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้เพื่อผสมข้ามระหว่างกลุ่ม ส่วนที่ 2 ใช้เพื่อขยายเมล็ดโดยวิธี HS สำหรับการทดสอบสมรรถนะการผสมและทดสอบผลผลิต

กลุ่ม B นำเมล็ด cycle 2 F_1 (FS) จากฤดูปลูกที่ 5 ของกลุ่ม B จำนวน 5 ชุด มาปลูกตามรูปแบบของ S_1~FS ได้เมล็ด cycle 3 S_1 แล้วแบ่งเมล็ดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้เพื่อผสมข้ามระหว่างกลุ่ม ส่วนที่ 2 ใช้เพื่อขยายเมล็ดโดยวิธี HS สำหรับการทดสอบสมรรถนะการผสมและทดสอบผลผลิต

กลุ่ม D นำเมล็ด cycle 3 F_1 จากฤดูปลูกที่ 5 ของ D จำนวน 5 ชุด มาปลูกตามรูปแบบของ S_1~HS ได้เมล็ด cycle 3 F_1 (HS) แล้วแบ่งเมล็ดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้เพื่อผสมข้ามระหว่างกลุ่ม ส่วนที่ 2 ใช้เพื่อขยายเมล็ดโดยวิธี HS สำหรับการทดสอบสมรรถนะการผสมและทดสอบผลผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฤดูปลูกที่ 7 (กรกฎาคม 2553-ตุลาคม 2553)

นำเมล็ดส่วนที่ 1 จากฤดูที่ 6 ของกลุ่ม A 5 ชุด กลุ่ม B 5 ชุด และกลุ่ม D 5 ชุด มาปลูกเพื่อผสมข้ามในแบบ HS เป็นผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) A x B และ B x D ได้ทั้งหมด 50 คู่ผสม

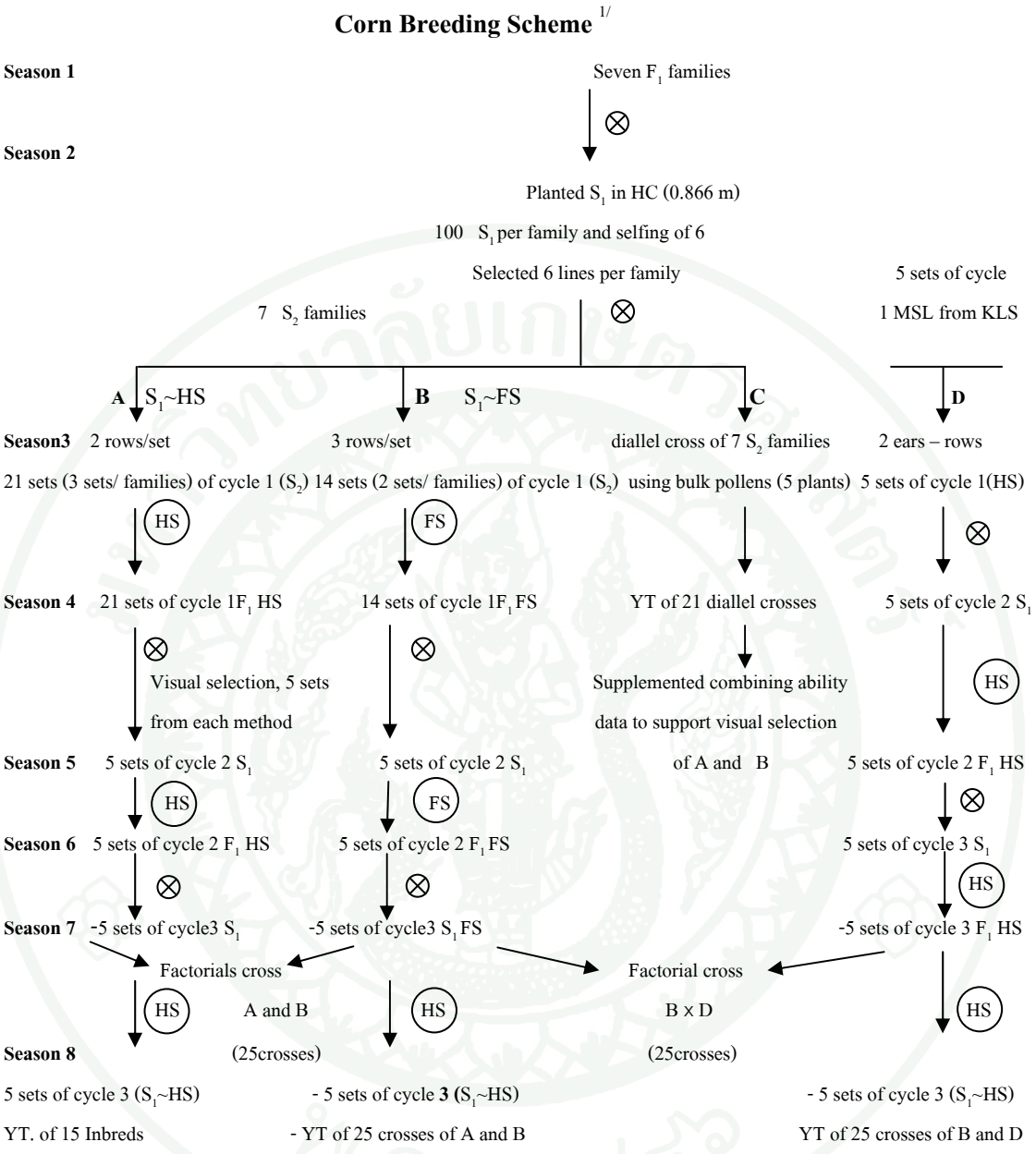
สำหรับเมล็ดส่วนที่ 2 จากฤดูที่ 6 ของกลุ่ม A B และ D จำนวน 5 ชุดต่อกลุ่ม ได้รับการนำมาปลูกเพื่อผสมข้ามในแบบ HS ภายในแต่ละสายพันธุ์โดยใช้ระยะปลูก 0.75 x 0.50 เมตร เมล็ดที่ได้เป็นเมล็ดขยายในแบบ HS เพื่อใช้สำหรับทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวม

ฤดูปลูกที่ 8 (พฤศจิกายน 2553-กุมภาพันธ์ 2554)

นำสายพันธุ์ผสมรวม และลูกผสม จากฤดูปลูกที่ 7 เข้าปลูกทดสอบผลผลิตในแบบ randomized complete block design 4 ซ้ำ โดยใช้ระยะปลูก 0.75 x 0.25 ม. แถวยาว 5 เมตร 4 แถวต่อหน่วยทดลอง (plot)

- Yield trial of 15 composite line 5 (5A+ 5B+ 5D)
- Yield trial of 25 crosses (5A x 5B)
- Yield trial of 25 crosses (5B x 5D)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Remark HC = honeycomb design S_1~HS = alternated $S_1$and half sibs selection

FS = full sibbing S_1~FS = alternated $S_1$and full sibs selection

HS = half sibbing KLS = Kon-lek Super hybrid

1/ = All processes of selection are conducted under low competition spacing (0.75 x 0.50 m) except yield trials (0.75 x 0.25 m) and HC design (0.866 m)

ภาพที่ 4 แสดงแผนการดำเนินงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลในลักษณะที่ศึกษาคือ ผลผลิต ความชื้นของเมล็ดในระยะเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์การหักล้ม เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความสูงของลำต้น ความสูงฝัก อายุวันออกไหม การถ่ายละอองเกสร และการเกิดโรคทางใบ การบันทึกข้อมูลทุกลักษณะประยุกต์มาจากวิธีการของ ราเชนทร์ (2539) โดยบันทึกจากทั้ง 3 แถว วิธีบันทึกข้อมูลของแต่ละลักษณะทำได้ดังนี้

1. ผลผลิต เก็บเกี่ยวข้าวโพดจากทั้ง 1 แถวแล้วชั่งน้ำหนักฝักสดหลังจากการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยของแต่ละลูกผสม แล้วเทียบค่าเป็นกิโลกรัมต่อไร่ที่ระดับความชื้นของเมล็ด 15 เปอร์เซ็นต์ โดยคิดจากสูตร

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักสด} \times (100 - \%\ \text{ความชื้น}) \times \%\ \text{การกะเทาะ} \times 1600}{(100\text{-}15) \times 100 \times \text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ตารางเมตร)}}$$

ผลผลิต (กก./เฮกตาร์) = ผลผลิต (กก./ไร่) x 6.25 ไร่

หมายเหตุ พื้นที่เก็บเกี่ยว = ระยะระหว่างแถว x (ความยาวแถว + ระยะระหว่างหลุม) x จำนวนแถวที่เก็บเกี่ยว

2. ความชื้นเมล็ดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยวัดจากตัวอย่างของเมล็ดที่สุ่มกะเทาะจากฝักที่เพิ่งเก็บเกี่ยว ให้ใช้ 4 ฝักขึ้นไป โดยกะเทาะฝักทั้งหมดใส่ในถาดเขย่าถาดให้เมล็ดทุกฝักคลุกเคล้ากันดีเทใส่กระป๋องแล้วนำไปวัดที่เครื่องวัดความชื้น

3. $\%\ \text{กะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ด} \times 100}{\text{น้ำหนักฝัก}}$

4. เปอร์เซ็นต์การหักล้มของลำต้นแยกเป็น 2 ลักษณะคือ

4.1 root lodging คิดจากจำนวนต้นที่เอียงจากแนวดิ่งมากกว่า 30 องศา

4.2 stalk lodging คิดจากจำนวนต้นที่หักต่ำกว่าฝักบนสุดลงมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ควรนับล่วงหน้าก่อนวันเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 สัปดาห์ หรือ ถ้าสามารถทำได้ให้นับใกล้วันเก็บเกี่ยวมากที่สุด

5. ความสูงของลำต้น เก็บข้อมูลจากข้าวโพด 10 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วหาค่าเฉลี่ยวัดจากพื้นดินจนถึงโคนใบธง (ข้อใบบนสุดของลำต้น) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

6. ความสูงของฝัก เก็บข้อมูลจากข้าวโพด 10 ต้นต่อแปลงย่อยแล้วหาค่าเฉลี่ยวัดจากพื้นดินจนถึงข้อฝักบนสุด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

7. อายุวันออกดอกตัวเมีย เป็นจำนวนวันนับตั้งแต่วันให้น้ำครั้งแรกจนถึงวันที่ออกไหมได้ครึ่งหนึ่งของจำนวนทั้งหมดต่อแปลงย่อย โดยมีความยาวของไหม 2-3 เซนติเมตร

8. อายุวันออกดอกตัวผู้นับตั้งแต่วันให้น้ำครั้งแรกจนถึงวันที่ต้นข้าวโพดมีดอกตัวผู้บาน 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดต่อแปลงย่อย

9. การเกิดโรคทางใบ ให้คะแนนต้นที่เป็นโรคทางใบในช่วงที่ไหมแห้งหรือช่อดอกตัวผู้แห้งโรคที่ตรวจสอบได้แก่ โรคใบไหม้ โรคใบจุด โรคราสนิม และโรคราน้ำค้าง ให้คะแนนการเป็นโรค 1-5 โดยนับจำนวนต้นที่เป็นโรคเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่เป็นโรคในแต่ละแปลงย่อย และเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้

1 หมายถึง ไม่แสดงอาการของโรค
2 หมายถึง แสดงอาการของโรค 25 เปอร์เซ็นต์
3 หมายถึง แสดงอาการของโรค 50 เปอร์เซ็นต์
4 หมายถึง แสดงอาการของโรค 75 เปอร์เซ็นต์
5 หมายถึง ไม่ต้านทานต่อโรค

10. ความแข็งแรงของต้นอ่อน ความแข็งแรงของต้นอ่อนให้คะแนนระบบ 1-5

1 = ต้นแข็งแรงที่สุด, 5 = ต้นอ่อนแอที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. จำนวนต้น นับจำนวนต้นครั้งแรกตอนถอนแยก (thinning) โดยเก็บไว้ 21 ต้นต่อแถวยาว 5 เมตร และนับอีกครั้งก่อนที่มีการเก็บเกี่ยวต่อแปลงย่อย โดยต้นที่ไม่ติดฝักและต้นเป็นโรคก็นับเป็น 1 ต้น

12. จำนวนฝัก จำนวนฝักในแต่ละแปลงย่อย นับตอนเก็บเกี่ยวโดยนับทุกฝักรวมกัน รวมทั้งจำนวนฝักหรอ (คือฝักที่มีเมล็ดน้อยกว่า 50%) และฝักเล็กมากลงในสมุดบันทึก

13. น้ำหนัก 1000 เมล็ด สุ่มเอาเมล็ดจากแต่ละลูกผสมหาน้ำหนัก 1000 เมล็ดจำนวน 4 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย (ความชื้นมาตรฐาน 15%)

14. เปลือกหุ้มฝัก ให้คะแนน 1-5 ให้คะแนนความสม่ำเสมอของเปลือกหุ้มฝักโดยที่

1 = เปลือกหุ้มฝักยาวแน่น หุ้มฝักไว้ได้มิดชิด
2 = เปลือกหุ้มฝักค่อนข้างมิดชิด
3 = เปลือกหุ้มฝักมิดชิดปานกลาง
4 = เปลือกหุ้มฝักมิดชิดเล็กน้อย
5 = เปลือกหุ้มฝักไม่ดี ปลายฝักโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝัก

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

4.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบผลผลิตเบื้องต้นของลูกผสมข้าวโพดไร่

การวัดผลโดยวิธี strip test (Yates, 1936) คำนวณได้ดังนี้ ข้อมูลผลผลิตของสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบจะต้องปรับค่าก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ การปรับค่าผลผลิตของแต่ละคู่ผสมใช้วิธีเปรียบเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบในแถวข้างเคียงแล้วปรับค่าไปที่ค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบทั้งหมดในแปลงทดลองวิธีการคำนวณ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{ผลผลิตเฉลี่ยที่ปรับค่าของสายพันธุ์ a} = \frac{a}{(C1 + C2)/2} \times c$$

C_1 a b c d C_2 e f g h … C_n

เมื่อ

a, b…= ผลผลิตของสายพันธุ์ที่เข้าทดสอบสายพันธุ์ที่ 1 ...n

C_1 และ C_2 = ผลผลิตเฉลี่ยของสายพันธุ์ตรวจสอบในแถวข้างเคียงของสายพันธุ์ที่เข้าทดสอบ

C = ผลผลิตเฉลี่ยของพันธุ์ตรวจสอบทั้งหมด $(C_1 + C_2 + \ldots + C_n) / n$

4.2 หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเป็นคู่ๆ โดยใช้สูตรดังนี้

$$r = \frac{\sum XiYi - (\sum Xi)(\sum Yi)/n}{\sqrt{\left[\sum Xi^2 - \left(\sum xi\right)^2/n\right]\left[\sum Yi^2 - \left(\sum Yi^2\right)/n\right]}}$$

4.3 วิเคราะห์ผลผลิตของสายพันธุ์ Inbred จากแผนการทดลอง RCBD (randomized complete block design) ตามแบบจำลองของสุรพล (2536)

ตารางที่ 1 แบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ RCB

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

หมายเหตุ t คือ จำนวนสิ่งทดลอง, r คือ จำนวนซ้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) และหาค่าความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างลักษณะที่ศึกษา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic V.8.0 ในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางพันธุกรรม โดยการประเมินสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) และสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) ตามใช้การผสมแบบ North Carolina Design II (Comstock and Robinson 1948, 1952) โดยนำลูกผสมชั่วที่ 1 ไปปลูกใน experimental design และไม่ต้องปลูกสายพันธุ์ พ่อ แม่ จะปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 เพียงอย่างเดียว มี model ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + F_j + (MF)_{ij} + \sum_{jk}$$

โดยที่ Y_{ijk} = ค่าสังเกตในซ้ำที่ k^{th} ของลูกที่เกิดจากพ่อ i^{th} แม่ j^{th}

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

M_i = อิทธิพลของต้นที่ i^{th}

Fj = อิทธิพลของต้นที่ j^{th}

$(MF)_{ij}$ = อิทธิพลปฏิกิริยารวมของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์ต้นที่ i^{th} กับสายพันธุ์ ต้นที่ j^{th}

$\sum_{jk}$ = ความแปรปรวนที่เป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อน ที่มาจากค่าสังเกตที่ k^{th} ของลูกที่เกิดจากต้นตัวผู้ที่ i^{th} และตัวเมียที่ j^{th}

4.6 ค่าเฮทเทอโรซิส คำนวนจากฐานค่าเฉลี่ยของพ่อแม่และที่ค่าสูงสุดของพ่อแม่

Heterosis = $(F_1 - MP) / MP$ (midparent heterosis, MPH)

Heterosis = $(F_1 - HP) / HP$ (highparent heterosis, HPH)

เมื่อ F_1 คือค่าเฉลี่ยของลูกผสม

MP = (P1+P2)/2 ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่

HP = highparent ค่าสูงสุดของพ่อแม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. สถานที่ทำการวิจัย

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

6. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือน มีนาคม 2551 สิ้นสุดเดือน เมษายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลผลิตเมล็ดของสายพันธุ์ผสมรวม

ในการคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดของข้าวโพด มักนิยมคัดเลือกสายพันธุ์ในชั่วแรกๆ ด้วยสายตาโดยพิจารณาลักษณะทางการเกษตรโดยรวมเป็นเกณฑ์ แล้วตามด้วยการทดสอบผลผลิต และสมรรถนะการผสมกับสายพันธุ์ทดสอบที่ S_3 หรือ S_4 (Bauman, 1981) ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่ว่าสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีไม่จำเป็นต้องเป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดหรือมีสมรรถนะการผสมสูงสุดเสมอไป ลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ที่นอกเหนือจากผลผลิตและสมรรถนะการผสมต่างก็มีความสำคัญโดยตรงต่อสายพันธุ์อินเบรดเองและต่อลูกผสมที่จะได้รับ ดังนั้นสายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีต้องเป็นสายพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีและใช้ประโยชน์ในขั้นสุดท้ายได้อย่างคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ

อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะลดปริมาณงานในการสกัดสายพันธุ์ผสมรวม จึงทดสอบสมรรถนะการผสมของพ่อแม่พันธุ์ควบคู่ไปกับการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยการผสมแบบพบกันหมดของสายพันธุ์พ่อแม่เริ่มต้น (S_2) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 7 ครอบครัว เป็นงานทดลองในกลุ่ม C ข้อมูลที่ได้ (ตารางภาคผนวกที่ 6, 7, 8 และ 9) นำเอามาประกอบการพิจารณาคัดเลือกด้วยสายตา โดยคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่มาจากครอบครัวที่ให้ผลผลิตที่ดีในการเข้าคู่ผสมได้ 5 สายพันธุ์ที่มาจากวิธีคัดเลือกแบบ S_1~HS ใน cycle 2 ของกลุ่ม A และ 5 สายพันธุ์จากกลุ่ม B ซึ่งใช้วิธีคัดเลือกแบบ S_1~FS สำหรับกลุ่ม D ใช้วิธีคัดเลือกด้วยสายตาเพียงอย่างเดียวให้เหลือเพียง 5 สายพันธุ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 สำหรับตารางที่ 3 แสดงผลผลิตของเมล็ดที่ความชื้น 15% น้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่อกรัม วันออกดอก 50% วันออกไหม 50% ความสูงฝักและความสูงต้นของสายพันธุ์ผสมรวมทั้ง 15 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในเบื้องต้น ผลผลิตเฉลี่ยของกลุ่ม A และกลุ่ม B ซึ่งมีพื้นฐานจากแหล่งพันธุกรรมเดียวกันอยู่ที่ 5,620 และ 5,282 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตสูงสุดของสายพันธุ์จากกลุ่ม A และกลุ่ม B อยู่ที่ 6,033 และ 6,958 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ นอกจากนี้ ช่วงห่างระหว่างผลผลิตต่ำสุดและสูงสุดของกลุ่ม A และกลุ่ม B อยู่ที่ 4,758-6,033 และ 3,669-6,958 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามคาดเนื่องจากการผสมแบบ HS ย่อมมีระดับของอินบรีดดิงที่ต่ำกว่าการผสมแบบ FS จึงทำให้มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าการผสมพันธุ์แบบ FS

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ การคัดเลือกเพียงหนึ่งต้น เพื่อผสมพันธุ์ในแบบ FS สร้างความแปรปรวนของสายพันธุ์ในกลุ่มนี้ให้สูงกว่าการผสมแบบ HS ซึ่งแสดงออกถึงช่วงของผลผลิตที่กว้างกว่าจากต่ำสุดถึงสูงสุด อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวมมิใช่วัตถุประสงค์สุดท้ายในการสร้างลูกผสม คุณค่าของสายพันธุ์ผสมรวมจึงต้องขึ้นอยู่กับผลผลิตของคู่ผสมในขั้นตอนสุดท้าย สำหรับผลผลิตเฉลี่ยของสายพันธุ์ผสมรวมในกลุ่ม D อยู่ที่ 6,157 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่ากลุ่ม A และกลุ่ม B ค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเนื่องมาจากการใช้เชื้อพันธุกรรมเริ่มต้นคนละชุดกัน ทั้งนี้ Kon Lek 2029 เป็นลูกผสมที่พัฒนาขึ้นมาจากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ เป็นลูกผสมที่มีเสถียรของพันธุ์สูงมาก ผลการทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับของผลงานก่อนหน้านี้ของ Thant Lwin Oo and Samphantharak (2010) และ จงใจ (2552) และถ้าจะพิจารณาในภาพรวม ถึงผลผลิตของสายพันธุ์ 10 อันดับแรก ซึ่งประกอบด้วย กลุ่ม A 4 สายพันธุ์ กลุ่ม B 3 สายพันธุ์ และกลุ่ม D 3 สายพันธุ์ ซึ่งต่างก็ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันมากนักในทางสถิติ ยกเว้นสายพันธุ์อันดับ 1 ของกลุ่ม D จึงอาจกล่าวได้ว่าวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ด้วยวิธีคัดเลือกสลับ S_1~FS และ S_1~HS ให้ผลผลิตของสายพันธุ์ที่ดีใกล้เคียงกัน

น้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่อกรัม

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของสายพันธุ์ผสมรวมที่มาจากวิธี S_1~HS จากกลุ่ม A ให้ผลเฉลี่ย 308.8 กรัม S_1~FS จากกลุ่ม B ให้ผลเฉลี่ย 274.4 กรัม และ S_1~HS จากกลุ่ม D ให้ผลเฉลี่ย 320.1 กรัม พบว่า วิธีคัดเลือกแบบ S_1~HS ทั้ง 2 กลุ่มมีประสิทธิภาพในการเพิ่มขนาดเมล็ดพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของผลผลิตของแต่ละกลุ่มซึ่งอาจเนื่องมาจากระดับของอินบริดดิงที่แตกต่างกัน

วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

วันออกดอกที่พร้อมกันของดอกเพศผู้และดอกเพศเมียของสายพันธุ์ผสมรวมเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับลดความซับซ้อนในการผสมพันธุ์ สายพันธุ์ผสมรวมที่มาจากวิธี S_1~HS จากกลุ่ม A มีวันออกดอกเพศผู้เฉลี่ย 62 วัน และวันออกดอกเพศเมียเฉลี่ย 63 วัน สายพันธุ์ที่มาจากวิธี S_1~FS จากกลุ่ม B มีวันออกดอกเพศผู้เฉลี่ย 63 วัน และวันออกดอกเพศเมียเฉลี่ย 63 วัน สายพันธุ์จากวิธี S_1~HS จากกลุ่ม D มีวันออกดอกเพศผู้เฉลี่ย 62 วัน และวันออกดอกเพศเมียเฉลี่ย 62 วัน การออกดอกเพศผู้และเพศเมียของแต่ละสายพันธุ์ใกล้เคียงหรือพร้อมกัน (ตารางที่ 3) การออกดอกเพศผู้และเพศเมีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พร้อมกันเป็นสิ่งที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการผสมพันธุ์ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นผลอันเนื่องมาจากการผสมข้ามภายในสายพันธุ์แต่ละรอบของการคัดเลือก เป็นการคัดเลือกที่บังคับให้มีการผสมพันธุ์ระหว่างดอกเพศผู้และเพศเมียออกพร้อมกันเป็นข้อดีของการคัดพันธุ์ผสมรวม

เปอร์เซ็นต์ความชื้น

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของสายพันธุ์ผสมรวมมีความสำคัญในสภาพการปลูกและระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจน แต่วิธีที่มีความชื้นต่ำคือ S_1~FS (ตารางที่ 3)

เปอร์เซ็นต์กะเทาะ

เปอร์เซ็นต์กะเทาะของสายพันธุ์ผสมรวมโดยเฉลี่ยแต่ละวิธีไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) สำหรับลักษณะทางการเกษตรอื่นๆแสดงไว้ในตารางที่ 4 ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย จำนวนฝักยาวสูงสุดฝัก (ซม.) ยาวติดเมล็ด (ซม.) ความกว้างฝัก (ซม.) จำนวนแถว องค์ประกอบรวมต้น และองค์รวมโรค โดยลักษณะภาพรวมต้น และระดับการเป็นโรคให้เป็นระดับคะแนนจาก 1-5 ระดับคะแนน 1 เป็นระดับคะแนนที่มีความต้านทานโรคดีที่สุดและลดหลั่นลงไปจาก 1-5 จากตารางที่ 4 ข้างต้น พบว่า จำนวนฝัก ยาวสูงสุดฝัก (ซม.) ยาวติดเมล็ด (ซม.) ความกว้างฝัก (ซม.) จำนวนแถวของสายพันธุ์ทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในภาพรวมแต่ละสายพันธุ์ระดับการเป็นโรคมีความต้านทานโรคในระดับดี มีภาพรวมต้นอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี (มีคะแนนต่ำกว่า 2) สำหรับลักษณะฝักต่างๆ เป็นลักษณะที่เด่นชัดและง่ายต่อการคัดเลือก ลักษณะต่างๆ เหล่านี้ของแต่ละสายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 รายละเอียดของสายพันธุ์และวิธีการคัดเลือก

ชื่อรหัส	วิธีคัดเลือก[1/]	ประวัติพันธุ์	แหล่งที่มา
SK 1 (A)	S_1~HS	Kon Lek 2029 (F_1)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด
SK 2 (A)	S_1~HS	SFL 1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
SK 3 (A)	S_1~HS	RFL 2 / KSIF 608	Pac.984, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
SK 4 (A)	S_1~HS	RFL 4-1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
SK 5 (A)	S_1~HS	SFL 2 / SFL 5	Pac.984, Pac.984
SK 6 (B)	S_1~FS	RFL 2 / KSIF 608	Pac.984, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
SK 7 (B)	S_1~FS	RFL 4-1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
SK 8 (B)	S_1~FS	RFL 4-1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
SK 9 (B)	S_1~FS	SFL 1 / SFL 5	Pac.984, Pac.984
SK 10 (B)	S_1~FS	SFL 5 / RFL 4	Pac.984, Mon949
SK 11 (D)	S_1~HS	Kon Lek 2029 (selected line)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด
SK 12 (D)	S_1~HS	Kon Lek 2029 (selected line)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด
SK 13 (D)	S_1~HS	Kon Lek 2029 (selected line)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด
SK 14 (D)	S_1~HS	Kon Lek 2029 (selected line)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด
SK 15 (D)	S_1~HS	Kon Lek 2029 (selected line)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จำกัด

หมายเหตุ [1/]S_1~HS = alternate $S_1$and half sib selection S_1~FS = alternate $S_1$and full sib selection

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% และลักษณะทางเกษตรบางลักษณะของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพด 15 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกและปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

สายพันธุ์ผสมรวม	วิธีคัดเลือก[1/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)[2/]	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50%		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะความชื้น (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
SK 1 (A)	S_1~HS	[7]5984.43 bc	308.5 bc	59.8 def	60.3 ef	70.0 cde	145.50 b	25.23 cd	73.71 abc
SK 2 (A)	S_1~HS	[6]6033.55 bc	324.3 abc	59.8 def	60.0 f	70.5 b-e	152.50 ab	27.90 abc	76.28 ab
SK 3 (A)	S_1~HS	[12]4758.25 cde	314.1 abc	61.3 b-f	62.5 b-f	72.3 b-e	141.75 b	25.74 bcd	73.39 abc
SK 4 (A)	S_1~HS	[9]5573.47 bcd	318.8 abc	64.3 a	64.8 abc	73.8 a-e	171.75 ab	30.68 ab	70.40 c
SK 5 (A)	S_1~HS	[8]5749.94 bcd	276.8 cde	64.8 a	66.0 a	70.5 b-e	158.25 ab	31.71 a	71.60 bc
Mean (A)		**5619.92**[3/]							
SK 6 (B)	S_1~FS	[2]6958.32 b	336.3 ab	62.3 a-e	62.0 c-f	74.3 a-d	151.50 ab	26.60 bcd	74.98 abc
SK 7 (B)	S_1~FS	[13]4220.63 de	308.4 bc	59.5 ef	59.8 f	66.8 e	142.00 b	25.89 bcd	72.89 abc
SK 8 (B)	S_1~FS	[15]3669.63 e	234.4 e	63.0 abc	63.0 b-f	70.0 cde	150.25 ab	22.50 d	73.51 abc
SK 9 (B)	S_1~FS	[5]6177.60 bc	239.1 e	64.3 a	65.3 ab	74.0 a-e	162.25 ab	30.02 abc	71.71 bc
SK 10 (B)	S_1~FS	[10]5383.27 bcd	252.5 de	63.8 abc	64.3 bc	72.0 b-e	157.25 ab	27.05 a-d	72.48 abc
Mean (B)		**5281.29**							
SK 11 (D)	S_1~HS	[14]3730.55 e	295.9 bcd	61.0 c-f	61.3 def	77.8 ab	177.00 a	27.30 a-d	70.74 c
SK 12 (D)	S_1~HS	[3]6944.65 b	295.9 bcd	64.0 ab	64.0 a-d	75.5 a-d	170.50 ab	30.19 abc	76.20 ab
SK 13 (D)	S_1~HS	[1]8696.43 a	340.0 ab	62.5 a-d	62.0 c-f	79.5 a	169.75 ab	30.28 abc	74.78 abc

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สายพันธุ์ผสมรวม	วิธีคัดเลือก[1/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)[2/]	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50 %		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
SK 14 (D)	S_1~HS	[11]5233.83 cde	304.4 bc	61.3 b-f	63.5 a-d	69.3 de	180.75 a	26.04 bcd	74.44 abc
SK 15 (D)	S_1~HS	[4]6183.90 bc	364.4 a	58.5 f	59.8 f	77.0 abc	169.00 ab	28.3 abc	77.22 a
Mean (D)		**6157.81**							
MEAN (15 inbreads)		5686.56	300.9	61.98	62.55	72.87	160	27.69	73.62
Multiple range test[4/]		**	**	**	**	**	*	**	*
CV (%)		17.97	10.81	2.9	2.9	6.03	11.37	8.36	3.93

หมายเหตุ [1/]S_1~HS = alternate S_1 and half sib selection

S_1~FS = alternate S_1 and full sib selection

[2/]ตัวเลขที่ยกอยู่ด้านหน้าเป็นลำดับของผลผลิตเมล็ด

[3/]ค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์จากแต่ละกลุ่มของ A, B และ D

[4/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 15 สายพันธุ์ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT *: significant; *: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ลักษณะทางเกษตร และลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพด 15 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

สายพันธุ์ผสมรวม	วิธีคัดเลือก[1/]	จำนวนฝัก	ความยาวฝัก (ซม.)		ความกว้างฝัก	จำนวนแถว	ภาพรวมต้น[2/]	ระดับการเป็นโรค[3/]	สีเมล็ด[4/]
			ทั้งหมด	เฉพาะเมล็ด	(ซม.)				
SK 1 (A)	S_1~HS	19.0 bcd	14.70 bcd	14.75 a-d	4.40 cde	17.00 ab	1.25	1.08	OYF
SK 2 (A)	S_1~HS	16.8 def	15.63 abc	15.25 abc	4.68 a-d	15.50 b-e	1.17	1.00	OYSFD
SK 3 (A)	S_1~HS	16.3 def	14.88 bcd	13.93 c-f	4.45 b-e	14.25 e	1.42	1.00	OF
SK 4 (A)	S_1~HS	19.8 bcd	15.93 ab	15.73 a	4.45 b-e	15.50 b-e	1.67	1.13	YOSD
SK 5 (A)	S_1~HS	21.3 abc	14.83 bcd	14.58 a-d	4.70 a-d	14.33 e	1.11	1.00	YOSFD
SK 6 (B)	S_1~FS	16.3 def	16.50 a	15.38 abc	4.98 a	15.00 de	1.00	1.13	YOSFD
SK 7 (B)	S_1~FS	14.8 ef	15.43 abc	14.93 a-d	4.73 abc	15.00 de	1.75	1.08	OYSFD
SK 8 (B)	S_1~FS	13.3 f	14.90 bcd	13.68 def	3.93 f	14.00 e	1.83	1.00	OYSFD
SK 9 (B)	S_1~FS	23.3 a	14.35 cd	14.03 b-f	4.30 def	15.25 cde	1.58	1.00	OYSFD
SK 10 (B)	S_1~FS	18.3 cde	14.93 bcd	13.65 def	4.53 b-e	17.50 a	1.08	1.08	OYSFD
SK 11 (D)	S_1~HS	15.0 ef	12.03 e	12.00 g	4.48 b-e	17.50 a	1.25	1.13	YOSFD
SK 12 (D)	S_1~HS	21.0 abc	14.68 bcd	13.03 efg	4.43 b-e	16.25 a-d	1.25	1.00	YOSFD
SK 13 (D)	S_1~HS	22.0 ab	14.98 bcd	14.43 a-e	4.80 abc	16.75 abc	1.58	1.08	YOSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

สายพันธุ์ผสมรวม	วิธีคัดเลือก[1/]	จำนวนฝัก	ความยาวฝัก (ซม.)		ความกว้างฝัก	จำนวนแถว	ภาพรวมต้น[2/]	ระดับการเป็นโรค[3/]	สีเมล็ด[4/]
			ทั้งหมด	เฉพาะเมล็ด	(ซม.)				
SK 14 (D)	S_1~HS	18.3 cde	13.80 d	12.65 fg	4.18 ef	16.75 abc	1.58	1.00	OYSFD
SK 15 (D)	S_1~HS	17.8 cde	15.78 ab	15.50 ab	4.83 ab	16.50 a-d	1.17	1.20	OYF
MEAN		18.18	14.89	14.23	4.52	15.8	1.28	1.07	
Multiple range test[5/]		**	**	**	**	**			
CV (%)		11.99	5.16	6.42	5.56	5.94			

หมายเหตุ [1/] S_1~HS = alternate S_1 and half sib selection

S_1~FS = alternate S_1 and full sib selection

[2/]คะแนน 1 ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

[3/]คะแนน 1 ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

[4/]ตัวอักษรย่อที่บอกถึงลักษณะสีของเมล็ดและลักษณะของแป้งแบบต่างๆประกอบด้วย สีส้มออกแดง = R (red), สีส้ม = O (orange), สีม่วง = P (purple), สีเหลือง = Y (yellow), สีขาว = W (white) ลักษณะของแป้งประกอบด้วย หัวแข็ง = F (flint), หัวบุบ = D (dent), กึ่งหัวแข็ง = SF (semi-flint), กึ่งหัวบุบ = SD (semi-dent), กึ่งหัวแข็งและหัวบุบ = SFD (semi-flint-dent)

[5/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 15 สายพันธุ์ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกัน ตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตเมล็ดของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะผลผลิตและลักษณะประกอบทางการเกษตรต่างๆ ของข้าวโพดลูกผสมที่ได้จากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial) โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม (กลุ่มแรกคือ 5Ax 5B และกลุ่มที่ 2 คือ 5Bx 5D) กลุ่มละ 25 คู่ผสม รวมทั้งหมดเป็น 50 คู่ผสม โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์การค้า B.80, Mon919, NK48, Pac.339, NTSF123 และ NTSF181 พบว่า ลักษณะผลผลิตและลักษณะประกอบทางการเกษตรทุกลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2) โดยมีค่าเฉลี่ยของ 56 คู่ผสมในแต่ละลักษณะดังนี้ น้ำหนักเมล็ด 9,179.40 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 335.39 กรัม วันออกดอก 59.9 วัน วันออกไหม 60.52 วัน ความสูงต้น 189.16 เซนติเมตร ความสูงฝัก 91.11 เซนติเมตร ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว 27.99 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์กะเทาะ 76.09 เปอร์เซ็นต์ จำนวนฝักดี 21 ฝัก ความยาวฝักทั้งหมด 17.54 เซนติเมตร ความยาวฝักเฉพาะเมล็ด 17.09 เซนติเมตร ความกว้างฝัก 4.92 เซนติเมตร และจำนวนแถว 16 แถว

จาก 50 คู่ผสมในตารางภาคผนวกที่ 2 คัดให้เหลือเพียง 10 คู่ผสมแรก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 ซึ่งปรากฏว่า ลูกผสม 10 อันดับแรกมีผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่แตกต่างจากพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ผลผลิตสูงสุดมีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของ 10 คู่ผสมเท่ากับ 10,232.07 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยคู่ผสม SK 7/SK 12 มีผลผลิตน้ำหนักเมล็ดสูงสุด 11,072.40 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือคู่ผสม SK 9/SK 13 และ SK 10/SK 13 มีผลิตน้ำหนักเมล็ด 10,418.06 และ 10,395.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าใน 10 อันดับแรก มีลูกผสมที่มาจากกลุ่ม BxD ถึง 6 คู่ผสม และเมื่อรวม SK1 ซึ่งมาจาก Kon Lek 2029 เช่นเดียวกับสายพันธุ์ในกลุ่ม D คู่ผสม 10 อันดับแรก จึงมาจากพันธุกรรมพื้นฐานของ Kon Lek 2029 ถึง 8 คู่ผสม ซึ่งเป็นไปตามคาด เนื่องจากพันธุกรรมของกลุ่ม A และกลุ่ม B มีพื้นฐานพันธุกรรมที่มาจากกลุ่มเดียวกัน นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์จาก Kon Lek 2029 มีสมรรถนะการผสมที่สูงมาก ที่น่าสนใจก็คือ สายพันธุ์ผสมรวม 10 อันดับแรกที่มีผลผลิต อันดับ 1-7 และ 10 ในตารางที่ 3 ต่างก็มีส่วนร่วมอยู่ในคู่ผสม 10 อันดับแรก คู่ผสมที่โดดเด่นมาจากสายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงผสมกับสายพันธุ์ที่มีผลผลิตปานกลาง ถ้าหากจะแบ่งสายพันธุ์ผสมรวมในตารางที่ 3 ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยให้สายพันธุ์ 1-7 เป็นพวกผลผลิตสูง (H) และ 8-15 เป็นพวกผลผลิตต่ำ คู่ผสม 9 จาก 10 มาจาก 3 (HxH), 6 (HxL) และมีเพียงคู่เดียวที่มาจาก (LxL) คือคู่ผสมระหว่าง SK 7/ SK 14 ซึ่งมีผลผลิตอยู่ลำดับที่ 9 (ตารางที่ 5) และพ่อแม่มีผลผลิตอยู่ลำดับที่ 13 และ 11 ตามลำดับจากทั้งหมด 15 สายพันธุ์ (ตารางที่ 3) จาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ความสมดุลระหว่างยีนผลบวกและที่ไม่ใช่ผลบวก (HxL) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความดีเด่นของลูกผสมดังจะเห็นได้จากลูกผสม 3 คู่แรกต่างก็มาจากคู่ผสม HxL หรืออีกนัยหนึ่งสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตและมีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง ย่อมมีโอกาสที่จะให้คู่ผสมที่ดีสูง นั่นคือ การคัดเลือกเพื่อผลผลิตที่สูงของอินเบรดในแต่ละกลุ่มพันธุกรรมในเบื้องต้น จึงเป็นวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมที่มีประสิทธิภาพ

ลักษณะทางการเกษตรของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม

ลักษณะทางการเกษตรของคู่ผสม 10 คู่แรก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 มีเกณฑ์การให้คะแนน 1 คือดีที่สุดลดหลั่นลงไปจนถึง 5 ลักษณะของภาพรวมต้น ความสูงต้นและลักษณะทางเกษตรอื่นๆ โดยทั่วไปดีกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับโรคทางใบจะเห็นได้ว่าโรคทางใบของคู่ผสมต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี มีคะแนนองค์รวมใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ นอกจากนี้คู่ผสมต่างๆ มีระบบรากอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ดังจะเห็นจากมีการหักล้มหรือการโค้งงอของลำต้น (lodging) อยู่ในเกณฑ์ดีกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ ที่ให้ผลผลิตสูงสุด10 คู่ผสมแรกจากทั้งหมด 56 คู่ผสมซึ่งมาจาก 25 (AxB) + 25 (BxD) โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

คู่ผสม/ อินเบรด	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	Heterosis (% HP)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50%		ความสูงฝัก (ซม.)	ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย			
SK 7/SK 12 (BxD)	11072.40 a	59	358.3 b-h	58.8 hij	59.3 f-k	92.5 d-p	26.50 f-j	76.80 a-g
SK 9/SK 13 (BxD)	10418.06 ab	20	288.8 o-s	59.3 f-j	60.0 e-j	91.5 d-p	29.59 a-d	78.57 a-e
SK 10/SK 13 (BxD)	10395.25 abc	20	296.3 m-s	59.3 f-j	59.8 f-k	98.3 b-g	25.65 ij	75.19 a-g
SK 1/SK 10 (AxB)	10322.20 a-d	72	323.3 g-p	58.0 ij	58.3 jk	88.8 d-s	26.59 e-j	76.82 a-g
SK 10/SK 12 (BxD)	10153.34 a-f	46	306.3 l-s	59.5 e-j	60.0 e-j	97.8 b-h	26.38 g-j	75.46 a-g
SK 10/SK 15 (BxD)	10114.73 a-g	64	323.8 g-p	58.3 ij	58.5 ijk	87.3 g-s	28.03 b-j	77.10 a-g
SK 2/SK 6 (AxB)	10056.95 a-h	45	382.6 abc	59.8 d-i	61.0 c-h	96.8 b-k	26.76 d-j	76.16 a-g
SK 3/SK 9 (AxB)	9987.45 a-h	62	363.9 b-f	58.8 hij	60.3 e-j	96.0 b-l	28.13 b-j	78.42 a-e
SK 7/SK 14 (BxD)	9901.34 a-h	89	355.6 b-i	57.3 j	57.5 k	86.8 h-t	26.85 d-j	76.21 a-g
SK 1/SK 9 (AxB)	9862.35 a-h	60	350.6 b-k	58.5 hij	59.3 f-k	93.8 c-n	29.33 a-f	78.07 a-f
MEAN	**10228**[1/]							
B80	10233.88 a-f		326.3 f-o	62.0 bcd	62.8 bcd	104.5 abc	28.67 a-h	79.92 ab
Mon 919	9012.84 b-l		344.4 d-k	60.0 d-i	60.5 d-j	97.5 b-i	26.56 f-i	79.59 abc

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

คู่ผสม/ อินเบรด	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	Heterosis (% HP)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50 %		ความสูง ฝัก (ซม.)	ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย			
NK48	7894.82 j-m		383.9 ab	63.8 ab	63.8 ab	100.0 bcd	30.48 ab	75.61 a-g
Pac.339	9344.89 a-j		403.3 a	59.5 e-j	61.3 c-g	97.5 b-i	28.71 a-h	75.68 a-g
NTSF123	9393.56 a-j		363.8 b-f	61.8 b-e	63.0 abc	105.0 ab	29.85 abc	73.71 e-i
NTSF181	10280.13 a-e		361.3 b-g	60.0 d-i	60.8 c-i	110.3 a	29.15 a-g	77.69 a-g
MEAN (50 hybrids)	9179.4		335.39	59.9	60.52	91.11	27.99	76.09
Range (50 hybrids)	11072.40-6721.29		403.3-269.4	64.3-57.3	64.3-57.5	110.3-76.0	31.01-25.3	80.07-69.41
Multiple range tes[2/]	**		**	**	**	**	**	**
CV (%)	11.38		6.57	2.19	2.29	7.17	5.94	3.79

หมายเหตุ [1/]mean of top 10 hybrids ค่าเฉลี่ผลผลิตของ 10 คู่ผสม

[2/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 56 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบ 10 อันดับแรกจาก 56 คู่ผสมซึ่งมาจาก 25 (AxB) +25 (BxD) เมื่อพิจารณาโดยใช้ผลผลิตเมล็ดสูงสุดเป็นเกณฑ์ โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

คู่ผสม	จำนวนฝักดี	ความยาวฝัก (ซม.)		ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ภาพรวมต้น[2/]	ระดับการเป็นโรค[2/]	สีเมล็ด[3/]
		ทั้งหมด	เฉพาะเมล็ด					
SK 7/SK 12 (BXD)	21.5 b-j	18.30 b-j	17.97 a-k	5.05 a-g	16.30 a-h	1.44	1.00	OYF
SK 9 /SK 13 (BXD)	24.0 ab	16.74 k-r	16.73 k-r	5.11 a-f	17.20 ab	1.69	1.00	YOSD
SK 10/SK 13 (BXD)	23.5 a-d	17.51 f-q	17.14 f-o	5.00 a-h	16.80 a-d	1.25	1.00	OYSF
SK 1/SK 10 (AXB)	22.8 a-g	18.00 c-k	17.84 a-k	4.90 a-h	17.10 abc	1.50	1.17	YOSFD
SK 10/SK 12 (BXD)	23.8 abc	17.48 f-q	17.28 e-n	4.66 d-h	17.20 ab	1.38	1.00	YOSD
SK 10/SK 15 (BXD)	21.8 b-j	17.23 g-r	16.60 l-r	4.96 d-h	16.40 a-g	1.31	1.00	OYSF
SK 2/SK 6 (AXB)	20.5 e-k	19.16 a-e	18.08 a-i	5.09 a-g	15.10 h-m	1.13	1.00	YOSD
SK 3/SK 9 (AXB)	20.5 e-k	18.72 a-f	18.14 a-i	5.14 a-e	15.70 d-k	1.13	1.25	YOSD
SK 7/SK 14 (BXD)	21.8 b-j	17.70 e-o	17.12 f-o	4.65 d-h	16.30 a-h	1.50	1.17	OYSF
SK 1/SK 9 (AXB)	21.3 b-k	17.70 e-o	17.49 c-l	5.37 a	16.80 a-d	1.38	1.08	OYSF
B80	23.8 a-e	18.83 a-f	18.50 abc	4.64 e-h	14.30 l-o	1.31	1.00	YOSF
Mon 910	22.3 b-h	19.68 ab	18.97 a	4.68 d-h	13.90 no	1.63	1.00	YOSDF

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

คู่ผสม	จำนวนฝักดี	ความยาวฝัก (ซม.)		ความกว้างฝัก(ซม.	จำนวนแถว	ภาพรวมต้น[2/]	ระดับการเป็นโรค[3/]	สีเมล็ด[4/]
		ทั้งหมด	เฉพาะเมล็ด					
NK48	18.5 k	19.39 a-d	18.36 a-f	5.17 a-e	15.30 f-m	1.94	1.00	OYSF
Pac.339	19.0 jk	19.49 abc	18.71 a-d	5.03 a-g	14.10 mno	1.56	1.00	OYSF
NTSF1123	19.8 h-k	18.75 a-f	18.48 a-e	5.06 a-g	16.50 a-f	1.56	1.08	OYSF
NTSF1181	21.8 b-j	19.72 a	19.09 a	4.70 d-h	13.70O	1.44	1.00	YOSFD
MEAN	21.47	17.54	17.09	4.92	15.89	1.44	1.05	
range	25.5-18.5	19.72-15.05	19.09-13.96	5.39-4.48	17.20-13.70	1.94-1.13	1.25-1.00	
Multiple range test [1/]	**	**	**	**	**			
CV(%)	7.82	4.83	4.28	6.44	4.48			

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 56 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.01

[2/]คะแนน 1 ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

[3/]คะแนน 1 ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

[4/]ตัวอักษรย่อที่บอกถึงลักษณะสีของเมล็ดและลักษณะของแป้งแบบต่างๆ ประกอบด้วย สีส้มออกแดง = R (red), สีส้ม = O (orange), สีม่วง = P (purple), สีเหลือง = Y (yellow), สีขาว = W (white) ลักษณะของแป้งประกอบด้วย หัวแข็ง = F (flint), หัวบุบ = D (dent), กึ่งหัวแข็ง = SF (semi-flint), กึ่งหัวบุบ = SD (semi-dent), กึ่งหัวแข็งและหัวบุบ = SFD (semi-flint-dent)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์เฮตเทอโรซิสของ10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม

เนื่องจากผลผลิตของคู่ผสมจะเท่ากับค่าเฉลี่ยผลผลิตของพ่อแม่บวกค่าความเหนือระดับของลูกผสม (F_1 = midparent + heterosis) ดังนั้นคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง จะต้องมีสมดุลที่ดีระหว่างค่าเฉลี่ยของพ่อแม่และค่าความเหนือระดับลูกผสม จากตารางที่ 7 พบว่ามีคู่ผสมจำนวน 5 คู่ผสม ทีมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเหนือระดับของลูกผสมที่ฐานค่าเฉลี่ยของพ่อแม่เกินกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคู่ผสมทั้ง 5 มาจากพ่อแม่ที่มีผลผลิตอยู่ลำดับท้ายๆ ดังเช่น SK 8/SK 11 มีลำดับผลผลิตของพ่อแม่อยู่ลำดับที่ 15 และ 14 ซึ่งเป็นผลผลิตต่ำสุดใน 15 อันดับ และ 15 คู่ผสมที่มีเฮตเทอโรซิสสูงก็มาจากการผสมระหว่าง LxL เช่นกัน ถ้าหากพิจารณาผลผลิตของพ่อแม่ประกอบกับค่าเฮตทอโรซิส จะเห็นว่าค่าเฮตเทอโรซิสจะสูงขึ้นตามลำดับ จาก HxH, HxL และ LxL ดังนั้น ค่าเฮตเทอโรซิสจึงไม่ใช่ดัชนีที่บ่งบอกถึงคุณค่าของคู่ผสม แต่จะเป็นตัวชี้วัดค่าความสูงต่ำของ non-additive gene ดัชนีผลผลิตที่ดีของคู่ผสมจึงมาจากสมดุลระหว่างค่ายีนผลบวก และที่ไม่ใช่ผลบวก ไม่ใช่มาจากข้างใดข้างหนึ่ง ดังนั้นจะเห็นได้จากคู่ผสมที่ดีส่วนใหญ่มาจากคู่ผสมระหว่าง HxL หรือ HxH การคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดโดยพิจารณาผลผลิตด้วยสายตาในชั่วแรกๆ จึงเป็นการคัดเลือกยีนผลบวกและการทดสอบการเข้าคู่ผสมในชั่วหลังๆ เป็นการหาสมดุลของยีนผลบวก และที่ไม่ใช่ผลบวก นอกจากนี้เฮตเทอโรซิสที่ฐานสูงสุดของพ่อแม่ ก็เป็นเพียงดัชนีบ่งบอกความเหนือระดับของลูกผสม ต่อค่าสูงสุดของพ่อแม่ และมิใช่ดัชนีบ่งบอกถึงความดีเด่นของลูกผสมเช่นกัน ตัวอย่างเช่น คู่ผสม SK8/SK11 ซึ่งเป็นคู่ผสมระหว่างพ่อแม่ที่มีผลผลิตต่ำสุด (LxL) แต่มีระดับของเฮตเทอโรซิสที่ฐานของพ่อแม่สูงสุด แสดงถึงการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนคู่ผสมในเชิงบวก ทำให้ลูกผสมมีผลผลิตค่อนข้างสูงอยู่ที่ 9,677 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่คู่ผสม SK 8/SK 13 เป็นการผสมระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีผลผลิตสูงสุดและต่ำสุดแต่กลับให้ผลผลิตของคู่ผสมที่ต่ำมากอยู่ที่ 8,007 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และมีผลผลิตต่ำกว่าฐานพ่อแม่สูงสุด โดยมีค่าเฮตเทอโรซิสอยู่ที่ HP = -7.9 เปอร์เซ็นต์ เป็นปฏิสัมพันธ์ของยีนคู่ผสมในเชิงลบ สำหรับคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดลำดับ 1, 2 และ 3 ได้แก่ SK 7/SK 12, SK 9/SK 13 และ SK 10/SK 13 มีค่าเฮตเทอโรซิสที่ HP ปานกลางถึงต่ำมาก 59.4, 19.8 และ 19.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เปรียบเทียบกับลูกผสมทางการค้า พบว่ามี 4 คู่ผสมที่มีผลิตเท่ากันหรือมากกว่าลูกผสมทางการค้าที่ให้ผลผลิตสูงสุด (NTSF181) ซึ่งมีผลผลิตสูงสุดถึง 10280.13 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 8) แสดงให้เห็นว่า การใช้สายพันธุ์ผสมรวมเพื่อสกัดลูกผสมทางการค้า ไม่ได้มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อะไรที่ด้อยไปกว่าการใช้สายพันธุ์แท้ ในการผลิตลูกผสมเดี่ยว นอกจากนี้สายพันธุ์ผสมรวมยังให้ผลผลิตที่เหนือกว่าสายพันธุ์จากการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง (Bauman, 1981 และจงใจ, 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์ความเหนือระดับของข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว 56 พันธุ์ จากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่มของกลุ่ม AxB และกลุ่ม BxD กลุ่มละ5 สายพันธุ์ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./เฮกตาร์)	ผลผลิต (กก./เฮกตาร์)		% Heterosis (MP)	% Heterosis (HP)
		แม่	พ่อ		
SK 1/SK 6 (AxB)	8921.9	5984.4	6958.3	37.87	28.2
SK 1/SK 7 (AxB)	8327.2	5984.4	4220.6	63.20	39.1
SK 1/SK 8 (AxB)	9011.9	5984.4	3669.6	86.70	50.6
SK 1/SK9 (AxB)	9862.3	5984.4	6177.6	62.18	59.6
SK 1/SK 10 (AxB)	10322.2	5984.4	5383.3	81.61	72.5
SK 2/SK 6 (AxB)	10057.0	6033.6	6958.3	54.82	44.5
SK2/SK 7 (AxB)	9255.9	6033.6	4220.6	80.53	53.4
SK 2/SK 8 (AxB)	8645.2	6033.6	3669.6	78.19	43.3
SK 2/SK 9 (AxB)	9392.6	6033.6	6177.6	53.84	52.0
SK 2/SK 10 (AxB)	8546.4	6033.6	5383.3	49.72	41.6
SK 3/SK 6 (AxB)	9086.2	4758.3	6958.3	55.10	30.6
SK 3/SK 7 (AxB)	8268.2	4758.3	4220.6	84.17	73.8
SK 3/SK 8 (AxB)	7906.0	4758.3	3669.6	87.61	66.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./เฮกตาร์)	ผลผลิต (กก./เฮกตาร์)		% Heterosis (MP)	% Heterosis (HP)
		แม่	พ่อ		
SK 3/SK 9 (AxB)	9987.4	4758.3	6177.6	82.66	61.7
SK 3/SK 10 (AxB)	9404.1	4758.3	5383.3	85.46	74.7
SK 4/SK 6 (AxB)	9573.0	5573.5	6958.3	52.78	37.6
SK 4/SK 7 (AxB)	9732.1	5573.5	4220.6	98.73	74.6
SK 4/SK 8 (AxB)	9728.6	5573.5	3669.6	110.50	74.6
SK 4/SK 9 (AxB)	7472.8	5573.5	6177.6	27.18	21.0
SK 4/SK 10 (AxB)	8445.5	5573.5	5383.3	54.16	51.5
SK 5/SK 6 (AxB)	8776.2	5749.9	6958.3	38.12	26.1
SK 5/SK 7 (AxB)	9003.8	5749.9	4220.6	80.61	56.6
SK 5/SK 8 (AxB)	8588.2	5749.9	3669.6	82.35	49.4
SK 5/SK 9 (AxB)	7306.6	5749.9	6177.6	22.52	18.3
SK 5/SK 10 (AxB)	6721.3	5749.9	5383.3	20.74	16.9
SK 6/SK 11 (BxD)	9585.1	6958.3	3730.5	79.35	37.8
SK 6/SK 12 (BxD)	9084.7	6958.3	6944.6	30.69	30.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./เฮกตาร์)	ผลผลิต(กก./เฮกตาร์)		% Heterosis (MP)	% Heterosis (HP)
		แม่	พ่อ		
SK 6/SK 13 (BxD)	8509.1	6958.3	8696.4	8.71	-2.2
SK 6/SK 14 (BxD)	9321.7	6958.3	5233.8	52.91	34.0
SK 6/SK 15 (BxD)	9146.7	6958.3	6183.9	39.20	31.5
SK 7/SK 11 (BxD)	8696.4	4220.6	3730.5	118.74	106.0
SK 7/SK 12 (BxD)	11072.4	4220.6	6944.6	98.34	59.4
SK 7/SK 13 (BxD)	9389.2	4220.6	8696.4	45.38	8.0
SK 7/SK 14 (BxD)	9901.3	4220.6	5233.8	109.45	89.2
SK 7/SK 15 (BxD)	9407.5	4220.6	6183.9	80.84	52.1
SK 8/SK 11 (BxD)	9677.4	3669.6	3730.5	161.54	159.4
SK 8/SK 12 (BxD)	9236.1	3669.6	6944.6	74.03	33.0
SK 8/SK 13 (BxD)	8007.5	3669.6	8696.4	29.51	-7.9
SK 8/SK 14 (BxD)	9495.5	3669.6	5233.8	113.30	81.4
SK 8/SK 15 (BxD)	9145.3	3669.6	6183.9	85.63	47.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./เฮกตาร์)	ผลผลิต(กก./เฮกตาร์)		% Heterosis (MP)	% Heterosis (HP)
		แม่	พ่อ		
SK 9/SK 11 (BxD)	9306.7	6177.6	3730.5	87.86	50.7
SK 9/SK 12 (BxD)	8252.1	6177.6	6944.6	25.77	18.8
SK 9/SK 13 (BxD)	10418.1	6177.6	8696.4	40.08	19.8
SK 9/SK 14 (BxD)	9687.3	6177.6	5233.8	69.78	56.8
SK 9/SK 15 (BxD)	9403.2	6177.6	6183.9	52.14	52.2
SK 10/SK 11 (BxD)	8992.1	5383.3	3730.5	97.33	67.0
SK 10/SK 12 (BxD)	10153.3	5383.3	6944.6	64.72	46.2
SK 10/SK 13 (BxD)	10395.2	5383.3	8696.4	47.66	19.5
SK 10/SK 14 (BxD)	9145.3	5383.3	5233.8	72.28	69.9
SK 10/SK 15 (BxD)	10114.7	5383.3	6183.9	74.89	63.6
MEAN	9157.7	5450.9	5719.9	67.8	48.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 คู่ผสมแรกจากทั้งหมด 56 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon.919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554

สายพันธุ์	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	% of B.80	% of Mon.919	% of NK.48	% of Pac.339	% of NTSF123	% of NTSF181
SK 7/SK 12 (BxD)	11072.40 a	108.19	122.85	140.25	118.49	117.86	107.71
SK 9 /SK 13 (BxD)	10418.06 ab	101.80	115.59	131.96	111.48	110.89	101.34
SK 10/SK 13 (BxD)	10395.25 abc	101.58	115.34	131.67	111.24	110.65	101.12
SK 1/SK 10 (AxB)	10322.20 a-d	100.86	114.53	130.75	110.46	109.87	100.41
SK 10/SK 12 (BxD)	10153.34 a-f	99.21	112.65	128.61	108.65	108.08	98.77
SK 10/SK 15 (BxD)	10114.73 a-g	98.84	112.23	128.12	108.24	107.67	98.39
SK 2/SK 6 (AxB)	10056.95 a-h	98.27	111.58	127.39	107.62	107.05	97.83
SK 3/SK 9 (AxB)	9987.45 a-h	97.59	110.81	126.51	106.88	106.31	97.15
SK 7/SK 14 (BxD)	9901.34 a-h	96.75	109.86	125.41	105.95	105.39	96.32
SK 1/SK 9 (AxB)	9862.35 a-h	96.37	109.43	124.92	105.54	104.98	95.94
B80(check)	10233.88 a-f	100.00	113.55	129.63	109.51	108.93	99.55
Mon 919 (check)	9012.84 b-l	88.07	100.00	114.16	96.45	95.94	87.67
NK48 (check)	7894.82 j-m	77.14	87.60	100.00	84.48	84.04	76.80
Pac.339 (check)	9344.89 a-j	91.31	103.68	118.37	100.00	99.47	90.90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สายพันธุ์	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	% of B.80	% of Mon.919	% of NK.48	% of Pac.339	% of NTSF.123	% of NTSF181
NTSF123 (check)	9393.56 a-j	91.79	104.22	118.98	100.52	100	91.38
NTSF181 (check)	10280.13 a-e	100.45	114.06	130.21	110.01	109.43	100
MEAN	9179.4						
Multiple range test[1/]	**						
CV(%)	11.38						

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 56 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมรรถนะการผสมของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ในลักษณะของผลผลิตของข้าวโพดลูกผสมตามวิธีการผสมแบบ North Carolina Design II (Comstock *et al*, 1949) ปลูกทดสอบในเดือนพฤศจิกายน 2553 ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ กลุ่ม AxB (ตารางที่ 9) พบว่าอิทธิพลทั้งสองมีค่าแตกต่างจาก 0 แสดงถึงอิทธิพลของยีนที่เป็นผลบวกและอิทธิพลของยีนที่ไม่เป็นผลบวกมีความสำคัญต่อการแสดงออกของลักษณะผลผลิต

จากค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป ระหว่างกลุ่ม AxB ในตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ผสมรวม SK 1 และ SK 6 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปลำดับหนึ่งและสอง โดยมีค่าเท่ากับ 391.55 และ 385.30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ผสมรวม SK 2, SK 3, SK 4 และ SK 7 แสดงค่าค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป 301.10, 32.84, 92.83 และ 19.88 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และสายพันธุ์ผสมรวม SK 5, SK 8, SK 9 และ SK 10 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเป็นลบ เมื่อพิจารณาถึงค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (ในตาราง 8) พบว่าคู่ผสมระหว่าง SK 1/SK 10 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,242.78 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือคู่ผสมระหว่าง SK 3/SK 9 มีค่าเป็น 1,130.99 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยผลผลิตของคู่ผสมทั้งสองคู่ที่มีผลผลิตเป็นลำดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับในกลุ่ม AxB

สำหรับค่าสมรรถนะการผสมของกลุ่ม BD (ตารางที่ 10) แสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ผสมรวม SK 10และ SK 12 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงเป็นอันดับหนึ่งและสองตามลำดับ มีค่า 338.39 และ 137.96 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ สายพันธุ์ผสมรวม ที่มีค่าอิทธิพลทางบวกได้แก่ SK 7, SK 14 และ SK 15 ซึ่งสายพันธุ์ผสมรวม SK 6, SK 8, SK 9, SK 11 และ SK 13 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปเป็นลบ เมื่อพิจารณาถึงค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ พบว่าคู่ผสมระหว่าง SK 2/SK 12 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,241.07 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และอันดับสองคือคู่ผสมระหว่าง SK 9/SK 13 มีค่าเท่ากับ 1,082.54 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ มีผลการทดลองสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยผลผลิตของคู่ผสมทั้งสองคู่ที่มีผลผลิตเป็นลำดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับในกลุ่ม BxD

อย่างไรก็ตามโดยภาพรวม สายพันธุ์ที่มี GCA สูงก็มักจะให้คู่ผสมเฉพาะ (SCA) สูงด้วย แต่เนื่องจากคู่ผสมเฉพาะของแต่ละสายพันธุ์มีความแปรปรวนสูงมาก แสดงถึงความสำคัญของ GCA (ยีนผลบวก) และ SCA (ไม่ใช่ยีนผลบวก) ต่อการแสดงออกของคู่ผสมที่ดีเด่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ระหว่างกลุ่ม AxB

line	SK 6 (B)	SK 7 (B)	SK 8 (B)	SK 9 (B)	SK 10 (B)	GCA
SK 1 (A)	-752.54	-981.81	-155.60	647.18	1242.78[1/]	391.55
SK 2 (A)	473.01	37.33	-431.90	364.17	-442.62	301.10
SK 3 (A)	-229.47	-682.06	-902.82	1130.99[2/]	683.36	32.84
SK 4 (A)	197.29	721.86	859.78[4/]	-1443.67	-335.26	92.83
SK 5 (A)	311.71	904.68[3/]	630.54	-698.66	-1148.26	-818.32
GCA	385.30	19.88	-121.58	-73.93	-209.67	

หมายเหตุ [n/]ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ระหว่างกลุ่ม BxD

line	SK 11 (D)	SK 12 (D)	SK 13 (D)	SK 14 (D)	SK 15 (D)	GCA
SK 6 (B)	625.92	-182.74	-542.45	103.73	-4.47	-292.31
SK 7 (B)	-826.75	1241.07[1/]	-226.21	119.50	-307.60	271.62
SK 8 (B)	735.24[3/]	-14.19	-1026.93	294.67	11.22	-309.40
SK 9 (B)	63.44	-1299.37	1082.54[2/]	185.38	-32.00	-8.29
SK 10 (B)	-597.85	255.23	713.05[4/]	-703.28	332.85	338.39
GCA	-170.23	137.96	-77.95	88.47	21.74	

หมายเหตุ [n/]ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

มีความคิดที่หลากหลายในการสกัดสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพด เพื่อใช้ในการสร้างลูกผสม บางแนวคิดใช้ทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์เป็นหลัก แต่แนวคิดดังกล่าวก็มีข้อจำกัด เพราะสายพันธุ์ที่ได้จะเหมาะกับเฉพาะกับสายพันธุ์ทดสอบเท่านั้น และคงไม่มีสายพันธุ์ทดสอบใดๆ ที่เหมาะกับทุกกลุ่มเชื้อพันธุกรรม (Castellano *et al.,*1998) นอกจากนี้สายพันธุ์อินเบรดที่สกัดได้โดยการทดสอบสมรรถนะการผสม อาจเป็นสายพันธุ์ที่อ่อนแอก่อปัญหายุ่งยากในการรักษาสายพันธุ์ตลอดจนการผลิตลูกผสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์ที่สกัดมา โดยใช้วิธีการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง (Kinman, 1952 ; Cornelius and Dudley, 1974) อย่างไรก็ตาม การสกัดสายพันธุ์โดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์เป็นเกณฑ์ ช่วยทำให้ได้สายพันธุ์อินเบรดที่มีผลผลิตที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้กลุ่มของสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงจะให้ลูกผสมโดยเฉลี่ยเหนือกว่ากลุ่มพ่อแม่ที่ให้ผลผลิตต่ำ แต่กลับไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของสายพันธุ์ภายในแต่ละกลุ่มกับผลผลิตของลูกผสม ดังนั้นการผสมเพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ในชั่วหลังๆ จึงยังคงมีความจำเป็น (Lamkey and Hallauer, 1986) แนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดสามารถทำได้โดยการเพิ่มระดับโฮโมไซโกซิตี้ของสายพันธุ์อย่างช้าๆ โดยการผสมภายในสายพันธุ์พี่น้อง (half sibbed หรือ full sibbed) ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดได้ดีกว่าการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง (Cornelius and Dudley, 1974) นอกจากนี้ การผสมตัวเองสลับกับการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ ช่วยทำให้สายพันธุ์ที่สกัดได้มีทั้งผลผลิตและสมรรถนะการผสมเพิ่มขึ้น (Genter, 1976)

ผลจากการทดลองนี้สนับสนุนแนวคิดต่างๆ ข้างต้น การคัดเลือกสลับแบบ S_1~FS หรือ S_1~HS ต่างก็ให้ผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวมที่สูงมาก (ตารางที่ 3) การเข้าคู่ผสมก็เป็นไปตามคาด คู่ผสมที่ดีส่วนมากมาจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงหรือสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกับสายพันธุ์ที่มีผลผลิตปานกลาง ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลการทดลองก่อนหน้านี้ (Ipsilandis *et al.,* 2005) ผลการทดลองนี้จึงสนับสนุนการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่ดีในชั่วแรกๆ ซึ่งจะทำให้ได้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง ก่อนนำเข้าค้นหาคู่ผสมที่ดี ยิ่งกว่านั้นการสกัดสายพันธุ์อินเบรดโดยวิธี S_1~FS และ S_1~HS นอกจากจะได้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงแล้ว ยังสามารถให้คู่ผสมที่ดีเทียบเท่าหรือเหนือกว่าลูกผสมเดี่ยวทางการค้าที่นำเข้ามาเปรียบเทียบ ข้อได้เปรียบของการใช้สายพันธุ์ผสมรวมที่เหนือกว่าการพัฒนาสายพันธุ์แท้โดยวิธีผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องที่ชัดเจน ได้แก่ ผลผลิตของสายพันธุ์ที่สูงกว่าอย่างเด่นชัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(จงใจ, 2552) ใช้เวลาในการพัฒนาลูกผสมที่สั้นกว่า เพราะสามารถนำสายพันธุ์ผสมรวมมาใช้สร้างลูกผสมได้ในชั่วแรกๆ และยังสามารถพัฒนาสายพันธุ์ต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง ตามรอบของการคัดเลือก สำหรับวิธีคัดเลือกแบบ S_1~FS และ S_1~HS ต่างก็มีข้อดีข้อเสียกันคนละอย่าง วิธี S_1~FS เข้าสู่โฮโมไซโกซิตีได้เร็วกว่า จึงทำให้มีความสม่ำเสมอของสายพันธุ์สูงกว่า สำหรับวิธีคัดเลือกแบบ S_1~HS ถึงแม้จะให้ค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์เหนือกว่าสายพันธุ์จากวิธี S_1~FS แต่เป็นข้อได้เปรียบที่ไม่เด่นชัด เพราะลูกผสมที่ดีไม่จำเป็นต้องมาจากสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่า แต่กลับมีข้อเสียที่การผสมแบบ HS มีความสม่ำเสมอต่ำกว่าการผสมแบบ FS ข้อได้เปรียบที่เด่นชัดของวิธี S_1~HS คือทำให้มีเมล็ดพันธุ์ในแต่ละรอบการคัดเลือกมากกว่า ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการสูญเสียสายพันธุ์อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการคัดสายพันธุ์ ดังนั้นการที่จะเลือกใช้วิธีใด จึงขึ้นอยู่กับแนวคิดของนักปรับปรุงพันธุ์ในแต่ละช่วงของการทดลอง

เนื่องจากผลผลิตของลูกผสม มาจากสมดุลของค่า additive effect และ non-additive effect (midparent + heterosis) แต่การวัดเฮตเทอโรซิสที่ MP เป็นการวัดระดับของ non-additive ไม่ใช่การวัดค่าเหนือระดับของลูกผสมที่แท้จริง ความเหนือระดับของลูกผสมจึงควรวัดที่ HP อย่างไรก็ตามค่าเฮตเทอโรซิสไม่ว่าจะวัดที่ MP หรือ HP ก็ไม่ใช่ดัชนีบ่งบอกถึงความดีเด่นของคู่ผสม เพราะคู่ผสมที่ดีเด่นอาจมีค่าเฮตเทอโรซิสสูงหรือต่ำก็ได้ จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า คู่ผสมที่ดีเด่นมักมาจากคู่ผสมที่พ่อแม่ข้างใดข้างหนึ่งซึ่งมีผลผลิตสูง (high additive effect) และผสมกับอีกสายพันธุ์ที่หนึ่งที่มีผลผลิตปานกลาง เพื่อเสริม non-additive effect ในลูกผสม ดังนั้นความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ในระดับที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับลูกผสมที่ดีเด่น การคิด heterotic pattern (Melchinger and Gumker, 1998) หรือการทดสอบสมรรถนะการผสมระหว่างเชื้อพันธุ์กรรมเริ่มต้นที่มีฐานทางพันธุ์กรรมกว้างจะช่วยลดปริมาณงานลงได้อย่างมากนอกจากนี้การสกัดสายพันธุ์อินเบรดโดยพิจารณาจากผลผลิตเป็นเกณฑ์ เป็นการเพิ่ม additive effect ให้กับสายพันธุ์ ก่อนนำเข้าทดสอบหาคู่ผสมที่ดีเด่นเฉพาะของแต่ละสายพันธุ์ (heterotic group) และต้องไม่ลืมว่า คู่ผสมที่ดีเด่นอาจมาจากสายพันธุ์ภายในกลุ่มเดียวกันหรือต่างกลุ่มก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของยีนผลบวกและ heterotic group ของแต่ละสายพันธุ์และสมดุลระหว่างพันธุกรรมของพ่อแม่ งานทดลองนี้สนับสนุนแนวคิดของ Ipsilander and Koutsika-Sotiriou, (2000) ที่ว่า การใช้ F_2 ของลูกผสมทางการค้าในแต่ละท้องถิ่นเป็นเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้นสามารถทำได้ง่ายและมีศักยภาพสูง ช่วยทำให้การพัฒนาสายพันธุ์รุดหน้าได้อย่างรวดเร็ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและผลจากการทดลองพอสรุปได้ว่า

1. วิธีคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมแบบผสมและคัดเลือกสลับ S_1~FS และ S_1~HS มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ต่างกันเพียงในรายละเอียดปลีกย่อยของการใช้งาน

2. การคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมด้วยสายตา เพื่อผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ โดยรวม เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ก่อนนำเข้าผสมทดสอบคู่ผสม เนื่องจากคู่ผสมที่ดีเด่นมักมาจากพ่อแม่ที่ให้ผลผลิตสูง

3. สายพันธุ์ผสมรวมมีประสิทธิภาพในการสร้างลูกผสมได้เท่าเทียมหรือดีกว่าการใช้สายพันธุ์แท้เพื่อผลิตลูกผสมเพื่อการค้า

4. สายพันธุ์ผสมรวมให้ความสม่ำเสมอของลูกผสมได้ตั้งแต่การพัฒนาในชั่วแรกๆ จึงสามารถนำมาใช้ผลิตลูกผสมในชั่วแรกๆ ได้หากมีความจำเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. **ปรับปรุงพันธุ์พืช : ความหลากหลายของแนวคิด.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. **ปรับปรุงพันธุ์พืช : พื้นฐานวิธีการและแนวคิด**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2551. **ปรับปรุงพันธุ์พืช : พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จงใจ มะปะเข. 2552. **การแสดงออกของสายพันธุ์ผสมรวมและสายพันธุ์ย่อยของแต่ละสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากสามวิธีคัดเลือก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชฎามาศ จิตต์เลขา. 2550. **วิธีพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมและศักยภาพในการใช้เพื่อผลิตลูกผสมข้าวโพดหวานทางการค้า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนพงษ์ อวนกลิ่น. 2546. **การคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดที่ให้ผลผลิตสูงโดยใช้ผังการทดลองแบบรวงผึ้ง,** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤมล ศรีสมุทร. 2548. **การปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดฐานกว้างด้วยวิธีคัดเลือกแบบวงจรของสามสายพันธุ์พี่น้องเพื่อสร้างลูกผสมข้าวโพดหวานพิเศษ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราเชนทร์ ถิราพร. 2539. **ข้าวโพด: การผลิต การใช้ประโยชน์ การวิเคราะห์ปัญหา และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สันติโรจน์ เกียรติศิริโรจน์. 2534. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงประชากรข้าวฟ่างโดยใช้เมล็ด S_2 จากแถว S_1 กับการใช้เมล็ด S_1**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. **สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิทยา บัวเจริญ. 2527. **หลักการผสมและการปรับปรุงพันธุ์พืช**. กรุงสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

อัมราวรรณ ทิพยวัตร. 2551. **ศักยภาพของวิธีการต่าง ๆ ในการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมเพื่อพัฒนาลูกผสมของข้าวโพดข้าวเหนียว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Batzios, D.P. 1993. Software for analyses pertinent to the honeycomb selection designs. **Research Institute for Cotton and Industrial Plant**, Sindos, Thessaloniki, Grecce.

Bauman, L.F. 1981. Review of methods used by breeders to develop superior inbred. **Proc. Corn Sorghum Ind. Res. Conf.** 36: 199-208.

Bruce, A.B. 1910. The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. **Science.** 32: 627-628.

Castellanos, J.S., A.R. Hallauer and H.S. Cordova. 1998. Relative performance of testers to identify elite lines of corn (*Zes mays* L.). **Maydica.** 43: 217-226.

Comstock, R.E. and Robinson, H.F. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics.** 4: 254-266.

_____. 1952. Estimation of average dominance of genes. In J.W. Gowen (ed.). Ames, Iowa: Iowa State University Press. **Heterosis.** pp. 494-516.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Comstock, R.E., H.F. Robinson and P.H. Harvey. 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. **Agron J.** 41: 360-367.

Compton, W.A., and R.E. Comstock. 1976. More on modified ear-to-row selection in corn. **Crop Sci**. 16: 122.

Cress, C.E. 1966. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations**. Genetics**. 53: 269-274.

Crow, J.F. 2000. The rise and fall of overdominance. **Plant Breeding Reviewes.** 17: 225-257.

Doggett, H. 1972. Recurrent selection in sorghum populations. **Heredity.** 28: 9-29.

East, E.M. 1908. Hybridization methods in corn breeding. **Rep. Am. Breed. Assoc. 6**: 63-72.

Fasoula, D.A. 1990**.** Correlations between auto-, allo- and nil-competition and their implications in plant breeding. **Euphyt.** 50: 57-62.

Fasoulas, A.C. 1973. A new approach to breeding superior yielding varieties. Publ. 3. **Dept Genetic Plant Breeding**, Aristotelian Univ., Thessaloniki, Greece.

Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. **Introduction to Quantitative Genetics (4thed.)**. Longman Group Ltd.

Fasoulas, A.C., and V.A. Fasoula. 1995. Honeycomb selection designs. **Plant Breed. Rev.** 15:87-139.

Genter, C.F. 1976. Recurrent selection for yield in the F_2 of a maize single cross. **Crop Sci**. 16: 350-352.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gill, J.S., M.M. verma., R.K. Gumber and J.S. Brar. 1995. Comparative efficiency of four selection methods for deriving high yielding lines in mungbean (*vigna radiate* (L.) Wilczek). Theor. **Appi. Genet.** 90: 554-560.

Gardner, C.O., and J.H. Lonnquist. 1959. Linkage and the degree of dominance of genes controlling quantitative characters in mazie. **Agron. J**. 51: 524-528.

Genter, C.F., and S.A. Eberhart. 1974. Performance of origin and advanced maize populations and their diallel crosses. **Crop Sci**. 14: 881-885.

Hallauer, A.R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. **Maydica.** 35: 1-16.

Hallauer, A.R., and E. Lopez-Perez. 1979. Comparison among testers for evaluating lines of corn. **Ind. Res. Conf**., Chicago, IL. p. 57-75.

Hallauer, A.R., and J.B. Miranda Fo. 1988. **Quantitative genetics in maize breeding 2nd ed**. Iowa State Univ. Press, Ames.

Hamblin, J., R. Knight., and M.J. Atkinson. 1978. The influence of systematic micro-environmental variation on individual plant yield within selection plots. **Euphytica**. 27: 479-503.

Horner, E.S., H.W. Lundy, M.C. Lutrick, and R.W. Wallace. 1963. Relative effectiveness of recurrent selection of specific and for general combining ability in corn. **Crop. Sci**. 3: 63-66.

Hull, F.H. 1945. Recurrent for specific combining ability in corn. **Agron. J**. 37: 134-145.

Jenkin, M.T. 1940. Segregation of genes affecting yield of grain in maize. **Amer Soc Agron J.** Agro. 37: 55-63.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jone, D.F. 1917. Dominance of linked factors ameans of accounting for heterosis. **Genetics.** 2: 466-479.

Jugenheimer, R.W. 1976. **Corn : improvement, seed production, and uses**. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York.

Kinman, M.L. 1952. Composite sibbing versus selfing in development of corn in bred lines. **Agron. J.** 44: 209-241.

Kunwar, C.B. and K. Samphantharak. 2003. Alternate S_1 and diallel cross selection for high yield and high combining ability maize (*Zea mays* L.) inbred. **Kasetsart J**. (Nat. Sci.) 37: 247-253.

Lamkey, K.R., and A.R. Hallauer. 1986. Performance of high x high, high x low, and low x low crosses of lines from BSSS maize synthetic. **Crop Sci**. 26: 1114-1118.

Landi, P., and E. Frascaroli. 1993. Responses to four cycles of full-sib family recurrent selection in an F_2 maize population. **Maydica.** 38: 31-37.

Lonnquist, J.H. , and M.F. Lindsey. 1964. Topcross versus S_1 line performance in corn (*Zea mays* L.). **Crop Sci**. 4: 580-584.

Macaulay, T.B. 1928. The improvement of corn by selection and plot breeding. **J. Hered**. 19: 57-72.

Moll, R.H. 1991. Sixteen cycles of recurrent full-sib family selection for grain weight in two maize populations. **Crop Sci**. 31: 959-964.

Moll, R.H., M.F. Lindsey, and H.F. Robinson. 1963. Estimates of genetic variances and level of dominance in maize. **Genetics.** 49: 411-423.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Phuong, N. 2006. **Modified S1-full sib selection for high yield inbreds and hybrids of maize (*Zea mays* L.)**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Penny, L.H., W.A. Russell, and G.F. Sprague. 1962. Type of gene action in yield heterosis in maize. **Crop Sci**. 2: 341-344.

Rojas, B.A. and G.F. Spraque. 1952. A comparison of variance components in corn yield trial III. General and specific combining ability and their interaction with location and years. **Agron J.** 44: 462-466.

Russell, W.A., S.A. Eberhart, and Urbano A. Vega O. 1973. Recurrent selection for specific combining ability for yield of two maize populations. **Crop Sci**. 13: 257-261.

Sampahantharak, K. and R. Yavilad. 2002. Changes of gene frequencies in synthetic corn population by two methods of recurrent selection and pedigree selection. **Kasetsart J**. (Nat. Sci.). 36: 327-333.

Sampahantharak, K.,C.JitlaKa and S.Lertmongkol. 2008. Composite-sibbid line methods and their potential use in sweet corn hybrids**. Kasetsart J.** (Nat. Sci). 42: 423-428.

Shull, G.H. 1908. The composition of a field of maize. **Rep. Am. Breed. Assoc.** 4: 296-301.

Sprague, G.F., and P.A. Miller. 1950. A suggestion for evaluating current concepts of genetic mechanism of heterosis in corn. **Agron. J**. 42: 161-162.

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.

Stringfield, G.H. 1974. **Developing heterozygous parent stocks for maize hybrids**. DeKalb AgResearch, Inc., DeKalb. III

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Thant Lwin Oo and Samphantharak. 2010. Perfoemance of composite-sibbed lines of coen derived from different selection methods and their hybrid combinations. **Kasetsart J.** (Nat.Sci.). 44: 983-990.

Tollenaa, M. 1992. Is low plant density a stress in Maize. **Maydica**. 37: 823-839.

Tracy, W.F., and M.A. Chandler. 2006. The historical and biological basis of the concept of heterotic patterns in corn belt dent maize. pp. 219-233. *In* : K.R. Lamkey, and M. Lee (eds.). **Plant Breeding : the Arnel R. Hallauer International Symposium**. Blackwell Publishing, Ames, Iowa.

Weyrich, R.A., R. Lamkey, and A.R. Hallauer. 1998. Responses to seven methods of recurrent Selection in the BS11 maize population. **Crop Sci**. 38: 308-321.

Yates , F. 1936. A new method of arranging variety trials involving a large number of varieties. **J. Agr. Sci.** 26: 424-455.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะทางเกษตรและลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพด 15 สายพันธุ์ ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

สายพันธุ์ผสมรวม	วิธีคัดเลือก[1/]	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย	LB[2/]	Rust	LS[3/]	HS[4/]	Root	ภาพรวมต้น[5/]	Lodging
SK 1 (A)	S_1~HS	19.0 b-e	19.0 bcd	0.0	1.0	1.3	1.0	1.00	1.00	1.50	1.25
SK 2 (A)	S_1~HS	16.8 def	16.8 def	0.0	1.0	1.0	1.0	1.00	1.00	1.25	1.25
SK 3 (A)	S_1~HS	17.3 def	16.3 def	1.0	1.0	1.0	1.0	1.00	1.00	1.50	1.75
SK 4 (A)	S_1~HS	19.8 bcd	19.8 bcd	0.0	1.0	1.0	1.5	1.00	1.50	1.75	1.75
SK 5 (A)	S_1~HS	21.3 abc	21.3 abc	0.0	1.0	1.0	1.0	1.00	1.00	1.33	1.00
SK 6 (B)	S_1~FS	16.3 def	16.3 def	0.0	1.5	1.0	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00
SK 7 (B)	S_1~FS	14.8 f	14.8 ef	0.0	1.0	1.0	1.3	1.00	1.50	2.00	1.75
SK 8 (B)	S_1~FS	17.0 def	13.3 f	3.7	1.0	1.0	1.0	1.00	1.50	2.00	2.00
SK 9 (B)	S_1~FS	23.3 a	23.3 a	0.0	1.0	1.0	1.0	1.00	1.33	1.67	1.75
SK 10 (B)	S_1~FS	18.3 c-f	18.3 cde	0.0	1.0	1.0	1.3	1.00	1.00	1.00	1.25
SK 11 (D)	S_1~HS	15.8 e-f	15.0 ef	0.7	1.0	1.5	1.0	1.00	1.00	1.50	1.25
SK 12 (D)	S_1~HS	21.3 abc	21.0 abc	0.3	1.0	1.0	1.0	1.00	1.00	1.50	1.25
SK 13 (D)	S_1~HS	22.0 ab	22.0 ab	0.0	1.0	1.3	1.0	1.00	1.25	1.75	1.75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

สายพันธุ์อินเบรด	วิธีคัดเลือก[2/]	ฝักทั้งหมด	ฝักทั้งดี	ฝักเสีย	LB[3/]	Rust	LS[4/]	HS[5/]	Root	องค์ประกอบต้น[6/]	Lodging
SK 14 (D)	S_1~HS	17.8 c-f	17.8 cde	0.0	1.0	1.0	1.0	1.00	1.50	1.75	1.50
SK 15 (D)	S_1~HS	18.3 c-f	18.3 cde	0.0	1.0	1.5	1.3	1.00	1.00	1.25	1.25
MEAN		18.57	18.18	0.4	1.0	1.1	1.1	1.00	1.17	1.52	1.45
Multiple range test[1/]		**	**								
CV (%)		11.75	11.99								

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดี่ยวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01

[2/]S_1~HS = alternated $S_1$and half sibs selection, S_1~FS = alternated $S_1$and full sibs selection

[3/]LB = Leaf blight (โรคใบไหม้)

[4/]LS = Leaf spot (โรคใบจุด)

[5/]HS = Husk cover score (เปลือกหุ้มฝัก)

[6/]องค์ประกอบต้น = ลักษณะโดยรวมความแข็งแรงของต้นข้าวโพดทั้งสายพันธุ์ (ทั้งแถว) โดย LB ถึง Lodging ให้คะแนน 1 ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปหา 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสมโดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	Heterosis (% HP)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50%		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
SK 1/SK 6 (AxB)	8921.85 b-l	28.2	363.8 b-f	59.5 e-j	59.5 f-k	82.0 o-t	168.5 stu	26.02 hij	77.46 a-g
SK 1/SK 7 (AxB)	8327.17 g-m	39.1	349.1 b-k	59.8 d-i	60.0 e-j	85.0 l-t	175.0 n-u	28.20 b-j	75.47 a-g
SK 1/SK 8 (AxB)	9011.92 b-l	50.6	351.3 b-j	59.0 g-j	59.8 f-k	92.3 d-p	190.5 c-n	28.24 a-j	76.17 a-g
SK 1/SK9 (AxB)	9862.35 a-h	59.6	350.6 b-k	58.5 hij	59.3 f-k	93.8 c-n	192.0 c-m	29.33 a-f	78.07 a-f
SK 1/SK 10 (AxB)	10322.20 a-d	72.5	323.3 g-p	58.0 ij	58.3 jk	88.8 d-s	190.5 c-n	26.59 e-j	76.82 a-g
SK 2/SK 6 (AxB)	10056.95 a-h	44.5	382.6 abc	59.8 d-i	61.0 c-h	96.8 b-k	200.8 a-i	26.76 d-j	76.16 a-g
SK2/SK 7 (AxB)	9255.86 b-k	53.4	360.6 b-h	59.8 d-i	60.3 e-j	88.3 f-s	194.8 b-l	27.91 b-j	75.65 a-g
SK 2/SK 8 (AxB)	8645.17 b-l	43.3	320.0 i-q	59.3 f-j	60.5 d-j	97.0 b-j	203.5 a-f	27.67 b-j	74.91 c-g
SK 2/SK 9 (AxB)	9392.65 a-j	52.0	296.9 m-s	59.8 d-i	60.0 e-j	87.3 g-s	189.8 e-n	28.88 a-h	77.28 a-g
SK 2/SK 10 (AxB)	8546.36 d-l	41.6	296.4 m-s	60.3 d-i	61.3 c-g	92.5 d-p	201.5 a-h	27.18 c-j	75.41 a-g
SK 3/SK 6 (AxB)	9086.21 b-l	30.6	400.8 a	59.0 g-j	59.3 f-k	90.8 d-r	179.0 l-u	27.83 b-j	75.71 a-g
SK 3/SK 7 (AxB)	8268.20 h-m	73.8	322.5 h-q	59.0 g-j	60.3 e-j	88.5 e-s	175.0 n-u	27.06 b-j	74.96 b-g

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	Heterosis (% HP)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50%		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
SK 3/SK 8 (AxB)	7905.98 j-m	66.2	324.3 g-o	60.0 d-i	60.8 c-i	96.8 b-k	188.8 f-o	27.60 b-j	77.13 a-g
SK 3/SK 9 (AxB)	9987.45 a-h	61.7	363.9 b-f	58.8 hij	60.3 e-j	96.0 b-l	190.0 d-n	28.13 b-j	78.42 a-e
SK 3/SK 10 (AxB)	9404.08 a-j	74.7	344.4 d-k	59.3 f-j	60.8 c-i	92.8 d-p	185.0 i-r	27.33 c-j	77.89 a-f
SK 4/SK 6 (AxB)	9572.97 a-j	37.6	381.9 a-d	60.0 d-i	60.8 c-i	93.0 d-o	193.8 b-l	29.25 a-g	76.32 a-g
SK 4/SK 7 (AxB)	9732.12 a-i	74.6	326.9 f-o	60.3 d-i	60.5 d-j	86.0 j-t	184.5 i-s	29.85 abc	76.70 a-g
SK 4/SK 8 (AxB)	9728.58 a-i	74.6	295.0 n-s	61.8 b-e	63.8 ab	99.5 b-f	198.5 b-j	30.29 ab	77.36 a-g
SK 4/SK 9 (AxB)	7472.78 k-m	21.0	298.8 m-s	64.3 a	65.0 a	77.5 st	176.8 m-u	31.09 a	69.41 i
SK 4/SK 10 (AxB)	8445.45 f-m	51.5	285.0 qrs	63.0 abc	64.3 ab	85.5 k-t	192.5 c-m	27.83 b-j	73.16 f-i
SK 5/SK 6 (AxB)	8776.23 b-l	26.1	357.5 b-i	58.8 hij	59.0 g-k	92.3 d-p	186.8 g-r	27.17 c-j	69.55 hi
SK 5/SK 7 (AxB)	9003.78 b-l	56.6	333.6 e-m	59.0 g-j	59.5 f-k	83.3 n-t	170.5 r-u	28.82 a-h	75.81 a-g
SK 5/SK 8 (AxB)	8588.18 c-l	49.4	312.5 k-r	59.8 d-i	60.5 d-j	83.5 m-t	171.3 q-u	27.23 c-j	76.04 a-g
SK 5/SK 9 (AxB)	7306.63 lm	18.3	286.3 p-s	62.0 bcd	63.8 ab	76.0 t	163.5 u	29.04 a-g	72.73 ghi
SK 5/SK 10 (AxB)	6721.29 m	16.9	269.4 s	61.3 c-g	62.3 b-e	81.5 p-t	176.3 m-u	27.62 b-j	73.30 f-i
SK 6/SK 11 (BxD)	9585.14 a-j	37.8	363.1 b-f	60.0 d-i	60.5 d-j	93.3 d-o	194.3 b-l	27.78 b-j	74.12 d-h

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	Heterosis (% HP)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50%		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
SK 6/SK 12 (BxD)	9084.67 b-l	30.6	345.0 c-k	60.8 d-h	61.3 c-g	89.8 d-r	189.5 f-n	28.32 a-i	75.31 a-g
SK 6/SK 13 (BxD)	8509.05 e-l	-2.2	345.6 c-k	61.5 c-f	61.5 c-f	92.8 d-p	186.5 h-r	28.09 b-j	75.68 a-g
SK 6/SK 14 (BxD)	9321.65 a-j	34.0	366.0 b-e	58.5 hij	59.0 g-k	87.3 g-s	176.8 m-u	28.19 b-j	77.22 a-g
SK 6/SK 15 (BxD)	9146.72 b-k	31.5	354.4 b-j	58.5 hij	59.0 g-k	84.8 l-t	172.0 p-u	27.75 b-j	77.07 a-g
SK 7/SK 11 (BxD)	8696.39 b-l	106.0	356.9 b-i	58.5 hij	59.3 f-k	94.8 b-m	190.0 d-n	27.83 b-j	75.64 a-g
SK 7/SK 12 (BxD)	11072.40 a	59.4	358.3 b-h	58.8 hij	59.3 f-k	92.5 d-p	189.8 e-n	26.50 f-j	76.80 a-g
SK 7/SK 13 (BxD)	9389.22 a-j	8.0	346.3 b-k	58.3 ij	58.3 jk	79.8 rst	172.5 o-u	27.14 c-j	74.73 c-g
SK 7/SK 14 (BxD)	9901.34 a-h	89.2	355.6 b-i	57.3 j	57.5 k	86.8 h-t	176.5 m-u	26.85 d-j	76.21 a-g
SK 7/SK 15 (BxD)	9407.52 a-j	52.1	361.3 b-g	58.8 hij	59.0 g-k	80.0 q-t	165.5 tu	27.68 b-j	78.81 a-d
SK 8/SK 11 (BxD)	9677.37 a-j	159.4	332.5 e-n	60.0 d-i	60.8 c-i	98.3 b-g	206.3 a-d	29.35 a-f	76.43 a-g
SK 8/SK 12 (BxD)	9236.12 b-k	33.0	336.9 e-l	60.3 d-i	60.8 c-i	91.3 d-q	195.8 b-k	28.05 b-j	78.31 a-e
SK 8/SK 13 (BxD)	8007.48 i-m	-7.9	353.1 b-j	60.0 d-i	60.5 d-j	85.8 j-t	178.5 l-u	29.02 a-g	75.90 a-g
SK 8/SK 14 (BxD)	9495.50 a-j	81.4	322.5 h-q	60.0 d-i	60.3 e-j	87.5 g-s	181.5 k-t	26.97 c-j	77.22 a-g
SK 8/SK 15 (BxD)	9145.32 b-k	47.9	342.0 e-l	59.8 d-i	60.8 c-i	92.8 d-p	188.8 f-o	27.22 c-j	76.82 a-g

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	Heterosis (% HP)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50%		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
SK 9/SK 11 (BxD)	9306.68 a-j	50.7	358.8 b-h	59.3 f-j	60.5 d-j	90.3 d-r	182.5 j-s	29.47 a-e	75.63 a-g
SK 9/SK 12 (BxD)	8252.06 h-m	18.8	275.8 rs	61.5 c-f	61.3 c-g	86.3 i-t	188.3 f-p	27.22 c-j	76.82 a-g
SK 9/SK 13 (BxD)	10418.06 ab	19.8	288.8 o-s	59.3 f-j	60.0 e-j	91.5 d-p	187.0 g-q	29.59 a-d	78.57 a-e
SK 9/SK 14 (BxD)	9687.31 a-j	56.8	298.1 m-s	60.3 d-i	60.5 d-j	89.0 d-r	189.5 f-n	26.73 d-j	75.52 a-g
SK 9/SK 15 (BxD)	9403.21 a-j	52.2	316.9 j-q	59.0 g-j	59.8 f-k	90.8 d-r	191.3 c-n	28.28 a-i	80.07 a
SK 10/SK 11 (BxD)	8992.06 b-l	67.0	299.3 m-s	59.8 d-i	60.5 d-j	99.8 b-e	215.8 a	27.82 b-j	74.38 d-g
SK 10/SK 12 (BxD)	10153.34 a-f	46.2	306.3 l-s	59.5 e-j	60.0 e-j	97.8 b-h	206.5 abc	26.38 g-j	75.46 a-g
SK 10/SK 13 (BxD)	10395.25 a-c	19.5	296.3 m-s	59.3 f-j	59.8 f-k	98.3 b-g	209.8 ab	25.65 ij	75.19 a-g
SK 10/SK 14 (BxD)	9145.34 b-k	69.9	298.8 m-s	58.5 hij	58.8 h-k	93.3 d-o	203.5 a-f	25.37 j	75.69 a-g
SK 10/SK 15 (BxD)	10114.73 a-g	63.6	323.8 g-p	58.3 ij	58.5 ijk	87.3 g-s	189.0 f-n	28.03 b-j	77.10 a-g
B80	10233.88 a-f	48.9	326.3 f-o	62.0 bcd	62.8 bcd	104.5 abc	201.8 a-h	28.67 a-h	79.92 ab
Mon 910	9012.84 b-l		344.4 d-k	60.0 d-i	60.5 d-j	97.5 b-i	196.0 b-k	26.56 f-j	79.59 abc
NK48	7894.82 j-m		383.9 ab	63.8 ab	63.8 ab	100.0 bcd	204.3 a-f	30.48 ab	75.61 a-g
Pac.339	9344.89 a-j		403.3 a	59.5 e-j	61.3 c-g	97.5 b-i	203.0 a-g	28.71 ah	75.68 a-g

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	Heterosis (% HP)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50%		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
				ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
NTSF123	9393.56A-J		363.8 b-f	61.8 b-e	63.0 abc	105.0 ab	206.0 a-e	29.85 abc	73.71 e-i
NTSF181	10280.13A-E		361.3 b-g	60.0 d-i	60.8 c-i	110.3 a	216.3 a	29.15 a-g	77.69 a-g
MEAN	9179.4		335.39	59.9	60.52	91.11	189.16	27.99	76.09
Multiple range test[1/]	**		**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	11.38		6.57	2.19	2.29	7.17	5.02	5.94	3.79

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 56 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดี่ยวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสม โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

คู่ผสม	ความยาวฝักทั้งหมด (ซม.)	ความยาวเฉพาะเมล็ด (ซม.)	ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย	สีเมล็ด[2/]
SK 1/SK 6 (AxB)	16.50 m-r	16.16 m-r	4.61 d-h	14.60 k-o	21.0D-J	21.0 c-k	0.0	OYF
SK 1/SK 7 (AxB)	17.24 g-r	16.78 j-r	4.85 a-h	15.90 c-j	20.00 g-j	20.0 g-k	0.0	OYSFD
SK 1/SK 8 (AxB)	18.67 a-g	18.36 a-g	4.68 d-h	14.70 j-o	20.8 e-j	20.5 e-k	0.3	OF
SK 1/SK9 (AxB)	17.70 e-o	17.49 c-l	5.37 a	16.80 a-d	21.3 c-j	21.3 b-k	0.0	OYSFD
SK 1/SK 10 (AxB)	18.00 c-k	17.84 a-k	4.90 a-h	17.10 abc	22.8 b-g	22.8 a-g	0.0	YOSFD
SK 2/SK 6 (AxB)	19.16 a-e	18.08 a-i	5.09 a-g	15.10 h-m	20.5 f-j	20.5 e-k	0.0	YOSD
SK2/SK 7 (AxB)	17.88 e-n	16.93 i-q	4.89 a-h	15.20 g-m	23.0 a-f	22.3 b-h	0.8	OYSFD
SK 2/SK 8 (AxB)	18.38 a-i	18.00 a-k	4.55 gh	15.40 e-l	20.5 f-j	20.5 e-k	0.0	OYSFD
SK 2/SK 9 (AxB)	18.11 c-l	16.95 i-q	4.76 b-h	14.90 i-n	25.5 a	25.5 a	0.0	OYSD
SK 2/SK 10 (AxB)	17.75 e-o	16.82 i-r	4.48 h	14.90 i-n	21.3 c-j	21.0 c-k	0.3	OYF
SK 3/SK 6 (AxB)	17.08 h-r	16.76 j-r	5.39 a	14.80 j-o	21.5 b-j	21.3 b-k	0.3	OYSFD
SK 3/SK 7 (AxB)	17.57 f-q	17.29 e-n	5.07 a-g	14.80 j-o	20.8 e-j	20.3 f-k	0.5	OF
SK 3/SK 8 (AxB)	17.55 f-q	17.07 g-p	5.18 a-e	14.80 j-o	20.8 e-j	20.5 e-k	0.3	OF
SK 3/SK 9 (AxB)	18.72 a-f	18.14 a-i	5.14 a-e	15.70 d-k	20.5 f-j	20.5 e-k	0.0	YOSD
SK 3/SK 10 (AxB)	18.19 c-k	16.90 i-q	4.94 a-h	15.70 d-k	21.5 b-j	21.5 b-j	0.0	OYSFD
SK 4/SK 6 (AxB)	17.89 e-n	17.54 c-l	5.30 ab	15.40 e-l	20.5 f-j	20.5 e-k	0.0	OYSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

คู่ผสม	ความยาวฝักทั้งหมด (ซม.)	ความยาวเฉพาะเมล็ด (ซม.)	ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย	สีเมล็ด[2/]
SK 4/SK 7 (AxB)	17.93 e-m	17.47 d-l	5.08 a-g	17.10 abc	21.25 c-j	21.3 b-k	0.0	YOSFD
SK 4/SK 8 (AxB)	18.16 c-l	17.88 a-k	5.05 a-g	16.50 a-f	21.3 c-j	21.3 b-k	0.0	YOSD
SK 4/SK 9 (AxB)	17.71 e-o	16.99 h-q	5.01 a-h	16.50 a-f	23.0 a-f	23.0 a-f	0.0	YOSD
SK 4/SK 10 (AxB)	16.66 l-r	16.40 l-r	4.89 a-h	17.10 abc	21.5 b-j	21.5 b-j	0.0	YOSD
SK 5/SK 6 (BxD)	17.07 h-r	16.85 i-q	4.97 a-h	14.50 k-o	21.3 c-j	21.3 b-k	0.0	OYSFD
SK 5/SK 7 (BxD)	17.37 f-r	17.10 f-o	4.91 a-h	15.40 e-l	20.5 f-j	20.3 f-k	0.3	OYSFD
SK 5/SK 8 (BxD)	18.07 c-l	17.57 c-l	4.69 d-h	13.70 o	22.0 b-i	21.5 b-j	0.5	OYSFD
SK 5/SK 9 (BxD)	16.88 j-r	15.79 qr	4.72 d-h	15.70 d-k	22.3 b-h	22.3 b-h	0.0	OYSFD
SK 5/SK 10 (BxD)	15.05 s	13.96 s	4.55 gh	15.10 h-m	20.8 e-j	20.8 d-k	0.0	OYSFD
SK 6/SK 11 (BxD)	16.12 qrs	15.83 pqr	5.08 a-g	16.10 b-i	21.5 b-j	21.3 b-k	0.3	YOSD
SK 6/SK 12 (BxD)	15.99 rs	15.57 r	4.94 a-h	16.30 a-h	22.0 b-i	21.5 b-j	0.5	YOSD
SK 6/SK 13 (BxD)	16.22 p-s	15.73 qr	5.17 a-e	16.60 a-e	19.3 ij	19.3 ijk	0.0	OYSD
SK 6/SK 14 (BxD)	16.55 m-r	16.08 n-r	5.19 a-d	16.60 a-e	22.0 b-i	21.8 b-j	0.3	YOSFD
SK 6/SK 15 (BxD)	16.30 o-s	15.96 o-r	5.03 a-g	15.90 c-j	20.8 e-j	20.8 d-k	0.0	YOSD
SK 7/SK 11 (BxD)	16.78 k-r	16.49 l-r	5.27 abc	17.40 a	22.0 b-i	22.0 b-i	0.0	YOSD
SK 7/SK 12 (BxD)	18.30 b-j	17.97 a-k	5.05 a-g	16.30 a-h	22.0 b-i	21.5 b-j	0.5	OYF
SK 7/SK 13 (BxD)	17.95 d-m	17.62 b-l	4.91 a-h	17.10 abc	21.3 c-j	21.3 b-k	0.0	YOSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

คู่ผสม	ความยาวฝักทั้งหมด (ซม.)	ความยาวเฉพาะเมล็ด (ซม.)	ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย	สีเมล็ด[2/]
SK 7/SK 14 (BxD)	17.70 e-o	17.12 f-o	4.65 d-h	16.30 a-h	21.8 b-i	21.8 b-j	0.0	OYSFD
SK 7/SK 15 (BxD)	17.03 h-r	16.43 l-r	4.96 a-h	15.90 c-j	19.8 hij	19.5 h-k	0.3	YOSFD
SK 8/SK 11 (BxD)	16.42 n-r	16.15 m-r	4.72 d-h	17.00 abc	22.3 b-h	22.0 b-i	0.3	YOSD
SK 8/SK 12 (BxD)	18.65 a-g	18.23 a-h	4.74 c-h	16.50 a-f	20.5 f-j	20.5 e-k	0.0	YOSD
SK 8/SK 13 (BxD)	17.11 h-r	16.47 l-r	4.90 a-h	16.80 a-d	20.0 g-j	19.8 h-k	0.3	YOSD
SK 8/SK 14 (BxD)	17.35 f-r	16.80 j-r	4.79 b-h	15.90 c-j	24.0 abc	23.5 a-d	0.5	OYSFD
SK 8/SK 15 (BxD)	17.01 i-r	16.13 n-r	4.95 a-h	16.10 b-i	21.8 b-i	21.5 b-j	0.3	OYSFD
SK 9/SK 11 (BxD)	16.94 i-r	16.76 j-r	4.91 a-h	16.20 a-h	22.8 b-g	22.0 b-i	0.8	YOSFD
SK 9/SK 12 (BxD)	17.60 f-p	17.42 e-m	4.79 b-h	16.80 a-d	24.3 ab	24.0 ab	0.3	YOSD
SK 9/SK 13 (BxD)	16.74 k-r	16.73 k-r	5.11 a-f	17.20 ab	24.3 ab	24.0 ab	0.3	YOSD
SK 9/SK 14 (BxD)	16.83 j-r	16.57 l-r	4.58 fgh	16.80 a-d	23.3 a-f	23.0 a-f	0.3	YOSD
SK 9/SK 15(BxD)	17.02 i-r	16.94 i-q	4.82 b-h	16.20 a-h	22.8 b-g	22.3 b-h	0.5	YOSD
SK 10/SK 11(BxD)	16.53 m-r	16.37 l-r	5.10 a-f	17.00 abc	21.8 b-i	21.5 b-j	0.3	YOSD
SK 10/SK 12(BxD)	17.48 f-q	17.28 e-n	4.66 d-h	17.20 ab	24.0 abc	23.8 abc	0.3	YOSD
SK 10/SK 13(BxD)	17.51 f-q	17.14 f-o	5.00 a-h	16.80 a-d	23.8 a-d	23.5 a-d	0.3	OYSFD
SK 10/SK 14(BxD)	16.88 j-r	16.43 l-r	4.82 b-h	17.10 abc	22.3 b-h	21.8 b-j	0.5	OYSFD
SK 10/SK 15(BxD)	17.23 g-r	16.60 l-r	4.96A b-h	16.40 a-g	22.3 b-h	21.8 b-j	0.5	OYSFD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

คู่ผสม	ความยาวฝักทั้งหมด (ซม.)	ความยาวเฉพาะเมล็ด (ซม.)	ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย	สีเมล็ด[2/]
B80	18.83 a-f	18.50 abc	4.64 e-h	14.30 l-o	23.5 a-e	23.8 a-e	0.3	YOSFD
Mon 910	19.68 ab	18.97 a	4.68 d-h	13.90 no	22.5 b-h	22.3 b-h	0.3	YOSD
NK48	19.39 a-d	18.36 a-f	5.17 a-e	15.30 f-m	18.8 j	18.5 k	0.3	OYSFD
Pac.339	19.49 abc	18.71 a-d	5.03 a-g	14.10 mno	19.3 ij	19.0 jk	0.3	OYSFD
NTSF1123	18.75 a-f	18.48 a-e	5.06 a-g	16.50 a-f	19.8 hij	19.8 h-k	0.0	OYSFD
NTSF1181	19.72 a	19.09 a	4.70 d-h	13.70 o	21.8 b-i	21.8 b-j	0.0	YOSFD
MEAN	17.54	17.09	4.92	15.89	21.67	21.47	0.19	
Multiple range test[1/]	**	**	**	**	**	**	NS	
CV (%)	4.83	4.28	6.44	4.48	7.53	7.82	210.26	

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 56 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05**,** **: highly significant, **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01**,** ns: non-significant ns: ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05

[2/]ตัวอักษรย่อที่บอกถึงลักษณะสีของเมล็ดและลักษณะของแป้งแบบต่างๆประกอบด้วย สีส้มออกแดง = R (red), สีส้ม = O (orange), สีม่วง = P (purple), สีเหลือง = Y (yellow), สีขาว = W (white) ลักษณะของแป้งประกอบด้วย หัวแข็ง = F (flint), หัวบุบ = D (dent), กึ่งหัวแข็ง = SF (semi-flint), กึ่งหัวบุบ = SD (semi-dent), กึ่งหัวแข็งและหัวบุบ = SFD (semi-flint-dent)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ลักษณะทางเกษตรและลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสม โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และNTSF181ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553

คู่ผสม	LB[1/]	Rust	LS[2/]	HS[3/]	Root	องค์ประกอบต้น[4/]	Lodging
SK 1/SK 6 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.25	1.00
SK 1/SK 7 (AxB)	1.00	1.00	1.50	1.25	1.75	1.75	2.00
SK 1/SK 8 (AxB)	1.00	1.00	1.75	1.25	1.00	1.50	1.25
SK 1/SK9 (AxB)	1.00	1.00	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50
SK 1/SK 10 (AxB)	1.00	1.00	1.50	1.25	1.50	1.50	1.75
SK 2/SK 6 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25
SK2/SK 7 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.50	1.25
SK 2/SK 8 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	2.00	1.75
SK 2/SK 9 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.00	1.25
SK 2/SK 10 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.50	1.25	1.75	1.75
SK 3/SK 6 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.00	1.25	1.00
SK 3/SK 7 (AxB)	1.00	1.25	1.00	1.25	1.25	1.75	1.50
SK 3/SK 8 (AxB)	1.00	1.25	1.50	1.25	1.25	1.25	1.75
SK 3/SK 9 (AxB)	1.00	1.00	1.75	1.25	1.00	1.00	1.25
SK 3/SK 10 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	2.25	1.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

คู่ผสม	LB[1/]	Rust	LS[2/]	HS[3/]	Root	ภาพรวมต้น[4/]	Lodging
SK 4/SK 6 (AxB)	1.00	1.00	1.25	1.00	1.25	1.25	1.25
SK 4/SK 7 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
SK 4/SK 8 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.75	1.50
SK 4/SK 9 (AxB)	1.00	1.00	1.50	1.25	1.25	2.00	2.00
SK 4/SK 10 (AxB)	1.00	1.00	1.50	1.00	2.00	1.75	2.00
SK 5/SK 6 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.75	1.50	2.00	2.00
SK 5/SK 7 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.50	1.25
SK 5/SK 8 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.75	1.25
SK 5/SK 9 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	2.25	1.50
SK 5/SK 10 (AxB)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.75	2.00	1.25
SK 6/SK 11 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.50
SK 6/SK 12 (BxD)	1.00	1.00	1.25	1.00	1.25	1.25	1.00
SK 6/SK 13 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.00	1.25	1.00
SK 6/SK 14 (BxD)	1.00	1.25	1.00	1.25	1.25	1.50	1.50
SK 6/SK 15 (BxD)	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.25	1.25
SK 7/SK 11 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	2.00	1.50
SK 7/SK 12 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.75	1.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

คู่ผสม	LB[1/]	Rust	LS[2/]	HS[3/]	Root	ภาพรวมต้น[4/]	Lodging
SK 7/SK 13 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.75
SK 7/SK 14 (BxD)	1.00	1.00	1.50	1.00	1.25	2.00	1.75
SK 7/SK 15 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.50	1.25
SK 8/SK 11 (BxD)	1.00	1.00	1.25	1.00	1.75	2.00	2.00
SK 8/SK 12 (BxD)	1.00	1.00	1.25	1.00	1.75	2.00	1.75
SK 8/SK 13 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.75	1.75	1.75
SK 8/SK 14 (BxD)	1.00	1.25	1.00	1.00	1.50	1.50	1.75
SK 8/SK 15 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.75	1.25
SK 9/SK 11 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.25
SK 9/SK 12 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	2.25	2.25	2.25
SK 9/SK 13 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.75	2.00
SK 9/SK 14 (BxD)	1.00	1.00	1.50	1.00	1.50	1.75	1.50
SK 9/SK 15 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	2.00	2.00
SK 10/SK 11 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.75	1.50
SK 10/SK 12 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.25	1.00	1.75	1.50
SK 10/SK 13 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.50
SK 10/SK 14 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

คู่ผสม	LB[1/]	Rust	LS[2/]	HS[3/]	Root	ภาพรวมต้น[4/]	Lodging
SK 10/SK 15 (BxD)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.75
B80	1.00	1.00	1.00	2.00	1.25	1.00	1.00
Mon 910	1.00	1.00	1.00	1.25	1.75	1.75	1.75
NK48	1.00	1.00	1.00	1.25	2.25	2.00	2.25
Pac.339	1.00	1.00	1.00	1.25	2.00	2.00	1.75
NTSF1123	1.00	1.00	1.25	1.00	1.50	1.75	2.00
NTSF1181	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.75	1.75
MEAN	1.00	1.02	1.13	1.25	1.25	1.50	1.75

หมายเหตุ [1/]LB = Leaf blight (โรคใบไหม้)

[2/]LS = Leaf spot (โรคใบจุด)

[3/]HS = Husk cover score (เปลือกหุ้มฝัก)

[4/]ภาพรวมต้น = ลักษณะโดยรวมความแข็งแรงของต้นข้าวโพดทั้งสายพันธุ์ (ทั้งแถว) โดย LB ถึง Lodging ให้คะแนน 1 ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปหา 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ 56 คู่ผสม เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสม B80, Mon919, Pac.339, NK48, NTSF123 และ NTSF181 ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	% of B.80	% of Mon.919	% of NK.48	% of Pac.339	% of NTSF.123	% of NTSF181
SK 1/SK 6 (AxB)	8921.85 b-l	87.18	98.99	113.01	95.47	94.98	86.79
SK 1/SK 7 (AxB)	8327.17 g-m	81.37	92.39	105.48	89.11	88.65	81.00
SK 1/SK 8 (AxB)	9011.92 b-l	88.06	99.99	114.15	96.44	95.94	87.66
SK 1/SK 9 (AxB)	9862.35 a-h	96.37	109.43	124.92	105.54	104.99	95.94
SK 1/SK 10 (AxB)	10322.20 a-d	100.86	114.53	130.75	110.46	109.89	100.41
SK 2/SK 6 (AxB)	10056.95 a-h	98.27	111.58	127.39	107.62	107.06	97.83
SK2/SK 7 (AxB)	9255.86 b-k	90.44	102.70	117.24	99.05	98.53	90.04
SK 2/SK 8 (AxB)	8645.17 b-l	84.48	95.92	109.50	92.51	92.03	84.10
SK 2/SK 9 (AxB)	9392.65 a-j	91.78	104.21	118.97	100.51	99.99	91.37
SK 2/SK 10 (AxB)	8546.36 d-l	83.51	94.82	108.25	91.45	90.98	83.13
SK 3/SK 6 (AxB)	9086.21 b-l	88.79	100.81	115.09	97.23	96.73	88.39
SK 3/SK 7 (AxB)	8268.20 h-m	80.79	91.74	104.73	88.48	88.02	80.43
SK 3/SK 8 (AxB)	7905.98 j-m	77.25	87.72	100.14	84.60	84.16	76.91
SK 3/SK 9 (AxB)	9987.45 a-h	97.59	110.81	126.51	106.88	106.32	97.15
SK 3/SK 10 (AxB)	9404.08 a-j	91.89	104.34	119.12	100.63	100.11	91.48
SK 4/SK 6 (AxB)	9572.97 a-j	93.54	106.21	121.26	102.44	101.91	93.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	% of B.80	% of Mon.919	% of NK.48	% of Pac.339	% of NTSF123	% of NTSF181
SK 4/SK 7 (AxB)	9732.12 a-i	95.10	107.98	123.27	104.14	103.60	94.67
SK 4/SK 8 (AxB)	9728.58 a-i	95.06	107.94	123.23	104.11	103.57	94.63
SK 4/SK 9 (AxB)	7472.78 k-m	73.02	82.91	94.65	79.97	79.55	72.69
SK 4/SK 10 (AxB)	8445.45 f-m	82.52	93.70	106.97	90.38	89.91	82.15
SK 5/SK 6 (AxB)	8776.23 b-l	85.76	97.37	111.16	93.91	93.43	85.37
SK 5/SK 7 (AxB)	9003.78 b-l	87.98	99.90	114.05	96.35	95.85	87.58
SK 5/SK 8 (AxB)	8588.18 c-l	83.92	95.29	108.78	91.90	91.43	83.54
SK 5/SK 9 (AxB)	7306.63 lm	71.40	81.07	92.55	78.19	77.78	71.08
SK 5/SK 10 (AxB)	6721.29 m	65.68	74.57	85.14	71.92	71.55	65.38
SK 6/SK 11 (BxD)	9585.14 a-j	93.66	106.35	121.41	102.57	102.04	93.24
SK 6/SK 12 (BxD)	9084.67 b-l	88.77	100.80	115.07	97.22	96.71	88.37
SK 6/SK 13 (BxD)	8509.05 e-l	83.15	94.41	107.78	91.06	90.58	82.77
SK 6/SK 14 (BxD)	9321.65 a-j	91.09	103.43	118.07	99.75	99.23	90.68
SK 6/SK 15 (BxD)	9146.72 b-k	89.38	101.49	115.86	97.88	97.37	88.97
SK 7/SK 11 (BxD)	8696.39 b-l	84.98	96.49	110.15	93.06	92.58	84.59
SK 7/SK12 (BxD)	11072.40 a	108.19	122.85	140.25	118.49	117.87	107.71
SK 7/SK 13 (BxD)	9389.22 a-j	91.75	104.18	118.93	100.47	99.95	91.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	% of B.80	% of Mon.919	% of NK.48	% of Pac.339	% of NTSF123	% of NTSF181
SK 7/SK 14 (BxD)	9901.34 a-h	96.75	109.86	125.42	105.95	105.41	96.32
SK 7/SK 15 (BxD)	9407.52 a-j	91.93	104.38	119.16	100.67	100.15	91.51
SK 8SK 11 (BxD)	9677.37 a-j	94.56	107.37	122.58	103.56	103.02	94.14
SK 8/SK12 (BxD)	9236.12 b-k	90.25	102.48	116.99	98.84	98.32	89.84
SK 8/SK 13 (BxD)	8007.48 i-m	78.24	88.85	101.43	85.69	85.24	77.89
SK 8/SK 14 (BxD)	9495.50 a-j	92.78	105.36	120.28	101.61	101.09	92.37
SK 8/SK 15 (BxD)	9145.32 b-k	89.36	101.47	115.84	97.86	97.36	88.96
SK 9/SK 11 (BxD)	9306.68 a-j	90.94	103.26	117.88	99.59	99.08	90.53
SK 9/SK12 (BxD)	8252.06 h-m	80.63	91.56	104.52	88.31	87.85	80.27
SK 9/SK 13 (BxD)	10418.06 ab	101.80	115.59	131.96	111.48	110.91	101.34
SK 9/SK 14 (BxD)	9687.31 a-j	94.66	107.48	122.70	103.66	103.13	94.23
SK 9/SK 15 (BxD)	9403.21 a-j	91.88	104.33	119.11	100.62	100.10	91.47
SK 10/SK 11 (BxD)	8992.06 b-l	87.87	99.77	113.90	96.22	95.73	87.47
SK 10/SK12 (BxD)	10153.34 a-f	99.21	112.65	128.61	108.65	108.09	98.77
SK 10/SK 13 (BxD)	10395.25 a-c	101.58	115.34	131.67	111.24	110.66	101.12
SK 10/SK 14 (BxD)	9145.34 b-k	89.36	101.47	115.84	97.86	97.36	88.96
SK 10/SK 15 (BxD)	10114.73 a-g	98.84	112.23	128.12	108.24	107.68	98.39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

คู่ผสม	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	%of B.80	% of Mon.919	% of NK.48	%of Pac.339	% of NTSF123	% of NTSF181
B80(check)	10233.88 a-f	100.00	113.55	129.63	109.51	108.95	99.55
Mon 919(check)	9012.84 b-l	88.07	100.00	114.16	96.45	95.95	87.67
NK48(check)	7894.82 j-m	77.14	87.60	100.00	84.48	84.05	76.80
Pac.339(check)	9344.89 a-j	91.31	103.68	118.37	100.00	99.48	90.90
NTSF123(check)	9393.56 a-j	91.79	104.22	118.98	100.52	100.00	91.38
NTSF181(check)	10280.13 a-e	100.45	114.06	130.21	110.01	109.44	100.00
MEAN	9179.4						
Multiple range test[1/]	**						
CV (%)	11.38						

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 56 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดี่ยวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT, **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01, ns: non-significant ns: ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ของคู่ผสมทดสอบ 42 คู่ผสมปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552

คู่ผสม[2/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50 %		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
			ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
CMKD 1/CMKD 2	5764.81 h-k	296.75 a	58	57	152.25	68.50 d-g	26.91	73.3
PCKD 1/PCKD 2	6710.66 d-k	284.00 ab	59	58	155.50	70.25 c-g	27.64	74.5
CMKD 1/CMKD 3	8045.69 a-f	268.25 a-g	59	58	158.75	71.25 b-g	29.74	77.3
PCKD 1/PCKD 3	7802.66 a-h	224.25 e-l	59	58	176.50	80.50 abc	28.89	77.3
CMKD 1/CMKD 4	7368.66 b-j	217.00 f-l	59	58	163.75	76.50 a-f	30.49	79.5
PCKD 1/PCKD 4	9015.23 ab	220.75 e-l	60	59	170.00	74.50 a-g	25.76	77.8
CMKD 1/CMKD 5	8743.65 a-d	263.50 a-h	59	58	129.75	71.00 b-g	29.7	65.5
PCKD 1/PCKD 5	6884.52 c-k	217.50 f-l	59	57	169.50	73.00 a-g	27.12	78.5
CMKD 1/CMKD 6	6661.80 d-k	238.75 b-i	59	58	160.50	74.75 a-g	29.37	77.5
PCKD 1/PCKD 6	8053.30 a-f	247.25 a-k	60	59	166.25	79.00 abc	29.42	76.0
CMKD 1/CMKD 7	6440.35 f-k	248.00 a-k	60	59	168.50	75.00 a-g	30.63	75.3
PCKD 1/PCKD 7	8011.84 a-g	277.00 a-d	61	60	168.00	76.00 a-g	30.64	72.0
CMKD 2/CMKD 3	8861.67 abc	257.25 a-j	59	58	175.50	79.75 abc	30.54	76.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

คู่ผสม[2/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50 %		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
			ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
PCKD 2/PCKD 3	9515.23 a	268.75 a-f	60	60	177.00	82.25 a	31.36	75.8
CMKD 2/CMKD 4	7257.66 b-j	259.75 a-i	60	59	153.00	67.75 e-g	30.19	76.3
PCKD 2/PCKD 4	8030.46A-F	232.50 b-l	58	57	166.75	73.50 a-g	30.35	78.3
CMKD 2/CMKD 5	7024.75 b-k	216.25 g-l	58	57	160.00	74.25 a-g	27.42	73.0
PCKD 2/PCKD 5	6564.30 e-k	240.25 b-l	60	58	153.50	66.00 fg	29.28	77.5
CMKD 2/CMKD 6	6666.24 d-k	225.50 d-l	58	57	168.75	75.25 a-g	29.37	75.5
PCKD 2/PCKD 6	5658.63 ijk	219.25 f-l	60	59	157.00	73.75 a-g	27.66	79.0
CMKD 2/CMKD 7	5649.75 jk	205.50 jkl	59	58	144.25	66.25 g	26.57	72.8
PCKD 2/PCKD 7	5035.11 k	296.25 a	59	58	160.25	71.00 b-g	27.29	75.0
CMKD 3/CMKD 4	8052.67 a-f	244.50 b-l	59	58	162.00	76.75 a-e	30.17	76.5
PCKD 3/PCKD 4	7144.67 b-k	280.00 abc	59	58	166.25	73.75 a-g	27.77	70.0
CMKD 3/CMKD 5	8086.30 a-f	220.00 f-l	60	58	167.25	75.00 a-g	30.11	78.8
PCKD 3/PCKD 5	8734.77 a-d	230.25 c-l	58	58	165.5	77.75 a-e	24.29	78.0
CMKD 3/CMKD 6	8635.79 a-e	248.50 a-k	58	57	174.25	79.00 a-c	30.91	76.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

คู่ผสม[2/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50 %		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
			ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
PCKD 3/PCKD 6	5895.94 g-k	269.25 a-f	58	58	160.00	75.75 a-g	28.94	78.0
CMKD 3/CMKD 7	6860.41 c-k	252.00 a-j	58	56	165.25	74.00 a-g	29.83	75.3
PCKD 3/PCKD 7	6390.23 f-k	236.50 b-l	59	58	175.25	74.25 a-g	28.94	74.5
CMKD 4/CMKD 5	7265.86 b-j	272.50 a-e	60	60	167.75	72.25 a-g	27.58	74.3
PCKD 4/PCKD 5	7292.51 b-j	242.50 b-l	60	60	165.25	72.75 a-g	28.97	75.8
CMKD 4/CMKD 6	7779.82 a-i	237.25 b-l	61	60	164.25	74.50 a-g	27.42	75.3
PCKD 4/PCKD 6	7642.13 a-j	225.50 d-l	59	59	170.00	76.75A-E	28.67	75.8
CMKD 4/CMKD 7	5865.48 h-k	265.50 a-h	59	59	160.25	78.50 a-d	27.03	76.5
PCKD 4/PCKD 7	7146.57 b-k	240.25 b-l	59	58	169.50	81.00 ab	28.83	74.3
CMKD 5/CMKD 6	7171.95 b-j	221.25 e-l	59	58	163.00	70.75 b-g	28.93	78.3
PCKD 5/PCKD 6	5702.42 h-k	194.75 l	60	59	156.00	70.25 c-g	26.97	68.0
CMKD 5/CMKD 7	6879.44 c-k	199.00 kl	59	59	163.50	73.25 a-g	27.41	77.8
PCKD 5/PCKD 7	6125.64 f-k	214.00 h-l	58	58	163.25	70.50 c-g	28.31	76.8
CMKD 6/CMKD 7	6251.27 f-k	209.50 i-l	58	59	165.75	72.00 a-g	25.94	77.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

คู่ผสม[2/]	น้ำหนักเมล็ด (กก./เฮกตาร์)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	วันออกดอก 50 %		ความสูง (ซม.)		ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (%)	% กะเทาะ
			ตัวผู้	ตัวเมีย	ฝัก	ต้น		
PCKD 6/PCKD 7	5959.39 f-k	244.00 b-l	58	57	165	75.75 a-g	27.89	72.8
MEAN	7158.34	242.17	58.99	58.14	163.44	74.15	28.55	75.4
Multiple range test[1/]	**	**	NS	NS	NS	*	NS	NS
CV (%)	17.13	12.47	2.51	2.55	8.8	8.08	9.95	9.96

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 42 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P<0.05 โดยวิธี DMRT **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.01 *: significant; มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05 ns: non-significant ns: ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P<0.05

[2/]CM = ปลูกผสมฤดูที่ 3 ณ บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

PC = ปลูกผสม ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมทดสอบทั้งหมด 42 คู่ผสมปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552

คู่ผสม[2/]	ความยาวฝักทั้งหมด (ซม.)	ความยาวฝักเมล็ด (ซม.)	ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย
CMKD 1/CMKD 2	17.84 b-f	17.74 b-e	4.08 d-h	16.00 a-d	14 c-f	10 fg	4
PCKD 1/PCKD 2	17.83 b-f	17.49 b-f	4.55 abc	16.00 a-d	18 a-e	14 def	4
CMKD 1/CMKD 3	16.78 f-l	16.59 ef	4.52 abc	16.00 a-d	23 ab	20 a-d	3
PCKD 1/PCKD 3	18.00 b-e	17.75 b-e	4.57 abc	16.00 a-d	21 ab	19 a-d	3
CMKD 1/CMKD 4	17.01 c-k	16.75 c-j	4.34 a-f	17.00 ab	20 a-d	18 a-d	2
PCKD 1/PCKD 4	18.06 bc	17.79 bc	4.55 abc	15.50 b-e	21 abc	19 a-d	1
CMKD 1/CMKD 5	17.74 b-h	17.40 b-g	4.56 ab	14.00 ef	21 ab	19 a-d	2
PCKD 1/PCKD 5	18.05 b-d	17.53 b-f	4.09 d-h	14.00 ef	20 abc	18 a-d	2
CMKD 1/CMKD 6	17.45 b-i	16.97 b-i	3.93 fgh	14.00 ef	23 ab	22 ab	2
PCKD 1/PCKD 6	17.37 c-j	17.05 b-h	4.11 c-h	15.50 b-e	22 ab	20 a-c	2
CMKD 1/CMKD 7	18.56 ab	17.98 bc	4.34 a-f	14.50 d-f	21 abc	18 a-d	3
PCKD 1/PCKD 7	17.35 c-j	16.95 b-i	4.67 ab	15.50 b-e	21 ab	19 a-d	1
CMKD 2/CMKD 3	18.02 b-e	17.65 b-e	4.48 a-d	15.00 c-f	20 abc	20 a-d	0
PCKD 2/PCKD 3	16.71 f-l	16.42 b-g	4.66 ab	16.50 abc	23 ab	22 a	1
CMKD 2/CMKD 4	16.97 c-k	16.47 f-j	4.43 a-e	16.00 a-d	22 ab	19 a-d	3
PCKD 2/PCKD 4	17.50 b-i	16.28 g-k	4.35 a-f	15.50 b-e	21 ab	19 a-d	2
CMKD 2/CMKD 5	16.87 e-l	15.89 g-k	4.16 c-h	16.00 a-d	22 ab	19 a-d	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม[2/]	ความยาวฝักทั้งหมด (ซม.)	ความยาวฝักเมล็ด (ซม.)	ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย
PCKD 2/PCKD 5	16.15 kl	17.36 ijk	4.25 a-h	15.50 b-e	23 ab	20 abc	1
CMKD 2/CMKD 6	17.50 b-i	16.28 jk	4.35 a-f	15.50 b-e	23 ab	18 a-d	5
PCKD 2/PCKD 6	16.66 g-l	15.17 g-k	4.09 d-h	15.00 c-f	22 ab	18 a-d	4
CMKD 2/CMKD 7	15.78 l	16.29 jk	3.85 h	13.50 f	22 ab	16 b-d	6
PCKD 2/PCKD 7	16.61 h-l	17.19 g-k	3.93 f-h	14.00 ef	10 f	8 g	2
CMKD 3/CMKD 4	17.57 b-h	16.61 d-j	4.69 ab	17.50 a	19 a-d	17 a-d	2
PCKD 3/PCKD 4	16.89 d-l	18.90 a	4.30 a-f	16.50 abc	24 a	19 a-d	5
CMKD 3/CMKD 5	19.35 a	16.31 g-k	4.48 a-d	16.00 a-d	19 a-d	18 a-d	0
PCKD 3/PCKD 5	16.63 h-l	17.41 b-g	4.44 a-e	17.00 ab	21 ab	19 a-d	2
CMKD 3/CMKD 6	17.81 b-g	17.39 b-g	4.33 a-f	17.00 ab	22 ab	20 a-d	2
PCKD 3/PCKD 6	17.99 b-e	17.27 b-g	4.45 a-e	14.50 def	13 ef	15 cde	2
CMKD 3/CMKD 7	17.84 b-f	17.64 b-e	4.25 a-h	14.50 def	19 a-d	18 a-d	2
PCKD 3/PCKD 7	18.05 bcd	16.93 b-i	4.12 c-h	14.00 ef	21 ab	19 a-d	2
CMKD 4/CMKD 5	17.31 c-j	16.93 b-i	4.16 c-h	13.50 f	20 abc	19 a-d	1
PCKD 4/PCKD 5	17.46 b-i	17.06 b-h	4.26 a-h	15.50 b-e	23 ab	20 a-d	3
CMKD 4/CMKD 6	17.18 c-k	16.80 c-j	4.55 a-c	15.00 c-f	20 abc	18 a-d	2
PCKD 4/PCKD 6	17.54 b-i	17.09 b-h	4.37 a-f	14.50 def	17 b-e	16 bcd	1
CMKD 4/CMKD 7	16.39 i-l	15.95 h-k	4.7 a	16.00 a-d	12 ef	11 efg	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม[2/]	ความยาวฝักทั้งหมด (ซม.)	ความยาวฝักเมล็ด (ซม.)	ความกว้างฝัก (ซม.)	จำนวนแถว	ฝักทั้งหมด	ฝักดี	ฝักเสีย
PCKD 4/PCKD 7	17.17 c-k	16.94 b-i	4.45 a-e	16.00 a-d	25 a	20 a-d	5
CMKD 5/CMKD 6	17.20 c-k	16.74 c-j	4.40 a-e	16.50 a-c	21 ab	19 a-d	3
PCKD 5/PCKD 6	16.25 j-l	15.73 jk	4.00 e-h	15.00 c-f	22 ab	18 a-d	4
CMKD 5/CMKD 7	17.21 c-k	16.92 b-i	4.17 c-h	15.00 c-f	22 ab	20 abc	2
PCKD 5/PCKD 7	17.32 c-j	17.02 b-i	4.48 a-d	16.50 abc	22 ab	18 a-d	4
CMKD 6/CMKD 7	17.47 b-i	17.06 b-h	3.82 h	14.50 def	19 a-d	16 bcd	3
PCKD 6/PCKD 7	17.53 b-i	17.09 b-h	4.28 a-g	16.00 a-d	18 a-e	15 c-f	4
MEAN	17.36	16.98	4.31	15.42	20.2	17.74	2.48
Multiple range test [1/]	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	3.87	3.92	6.04	6.4	19.48	18.75	69.76

หมายเหตุ [1/]ค่าความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์จากทั้งหมด 42 สายพันธุ์ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดี่ยวกันที่มีตัวอักษรกำกับที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P<0.05$ โดยวิธี **: highly significant **: มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$

[2/]CM = ปลูกผสมฤดูที่ 3 ณ บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

PC = ปลูกผสม ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ลักษณะทางเกษตรและลักษณะทางคุณภาพบางลักษณะของคู่ผสมทดสอบทั้งหมด 42 คู่ผสม ปลูกทดสอบ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552

คู่ผสม[1/]	ต้นหัก[2/]	ต้นล้ม[2/]	เปลือกหุ้มฝัก[2/]	ระดับการเป็นโรค[2/]	สีเมล็ด[3/]
CMKD 1/CMKD 2	3	1	2	3	YOSD
PCKD 1/PCKD 2	2	2	2	2	OYF
CMKD 1/CMKD 3	2	2	2	1	YOSD
PCKD 1/PCKD 3	2	2	2	1	OYSF
CMKD 1/CMKD 4	2	2	2	1	YOSFD
PCKD 1/PCKD 4	2	2	2	1	YOSD
CMKD 1/CMKD 5	2	1	2	2	YOSD
PCKD 1/PCKD 5	2	2	2	2	YOSD
CMKD 1/CMKD 6	2	2	2	2	OYSF
PCKD 1/PCKD 6	2	2	2	2	OYSF
CMKD 1/CMKD 7	3	2	3	2	YOSFD
PCKD 1/PCKD 7	2	1	1	2	YOSD
CMKD 2/CMKD 3	2	2	2	1	YOSD
PCKD 2/PCKD 3	2	2	1	2	YOSD
CMKD 2/CMKD 4	2	2	2	2	OYSF
PCKD 2/PCKD 4	3	2	2	3	YOSFD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

คู่ผสม[1/]	ต้นหัก[2/]	ต้นล้ม[2/]	เปลือกหุ้มฝัก[2/]	องค์รวมโรค[2/]	สีเมล็ด[3/]
CMKD 2/CMKD 5	3	3	2	2	YOSD
PCKD 2/PCKD 5	3	3	2	2	YOSD
CMKD 2/CMKD 6	3	3	2	2	YOSD
PCKD 2/PCKD 6	4	3	2	3	YOSD
CMKD 2/CMKD 7	2	2	2	2	YOSD
PCKD 2/PCKD 7	2	3	2	2	YOSD
CMKD 3/CMKD 4	3	2	2	2	YOSD
PCKD 3/PCKD 4	2	2	2	2	OYSF
CMKD 3/CMKD 5	2	2	2	1	YOSD
PCKD 3/PCKD 5	2	1	2	1	OYF
CMKD 3/CMKD 6	2	2	2	1	YOSD
PCKD 3/PCKD 6	2	2	2	1	OYSFD
CMKD 3/CMKD 7	2	1	2	2	YOSFD
PCKD 3/PCKD 7	2	2	2	2	YOSD
CMKD 4/CMKD 5	2	2	1	2	YOSD
PCKD 4/PCKD 5	2	2	1	2	YOSD
CMKD 4/CMKD 6	2	2	1	2	OYSFD
PCKD 4/PCKD 6	2	2	2	2	YOSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

คู่ผสม[1/]	ต้นหัก[2/]	ต้นล้ม[2/]	เปลือกหุ้มฝัก[2/]	องค์รวมโรค[2/]	สีเมล็ด[3/]
CMKD 4/CMKD 7	3	2	2	2	OYF
PCKD 4/PCKD 7	3	2	2	2	YOSD
CMKD 5/CMKD 6	3	3	2	2	YOSD
PCKD 5/PCKD 6	3	3	2	3	OYF
CMKD 5/CMKD 7	3	3	2	3	YOSD
PCKD 5/PCKD 7	3	2	2	3	OYSFD
CMKD 6/CMKD 7	3	3	2	3	YOSFD
MEAN	2.35	1.95	1.64	1.83	

หมายเหตุ [1/]CM = ปลูกผสมฤดูที่ 3 ณ บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

PC = ปลูกผสม ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

[2/]คะแนน 1 ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

[3/]ตัวอักษรย่อที่บอกถึงลักษณะสีของเมล็ดและลักษณะของแป้งแบบต่างๆประกอบด้วย สีส้มออกแดง = R (red), สีส้ม = O (orange), สีม่วง = P (purple), สีเหลือง = Y (yellow), สีขาว = W (white) ลักษณะของแป้งประกอบด้วย หัวแข็ง = F (flint), หัวบุบ = D (dent), กึ่งหัวแข็ง = SF (semi-flint), กึ่งหัวบุบ = SD (semi-dent), กึ่งหัวแข็งและหัวบุบ = SFD (semi-flint-dent)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 รายละเอียดของสายพันธุ์ S_2 เริ่มต้นที่ใช้ในการผสมแบบพบกันหมดในกลุ่ม C ที่ ปากช่องและเชียงใหม่

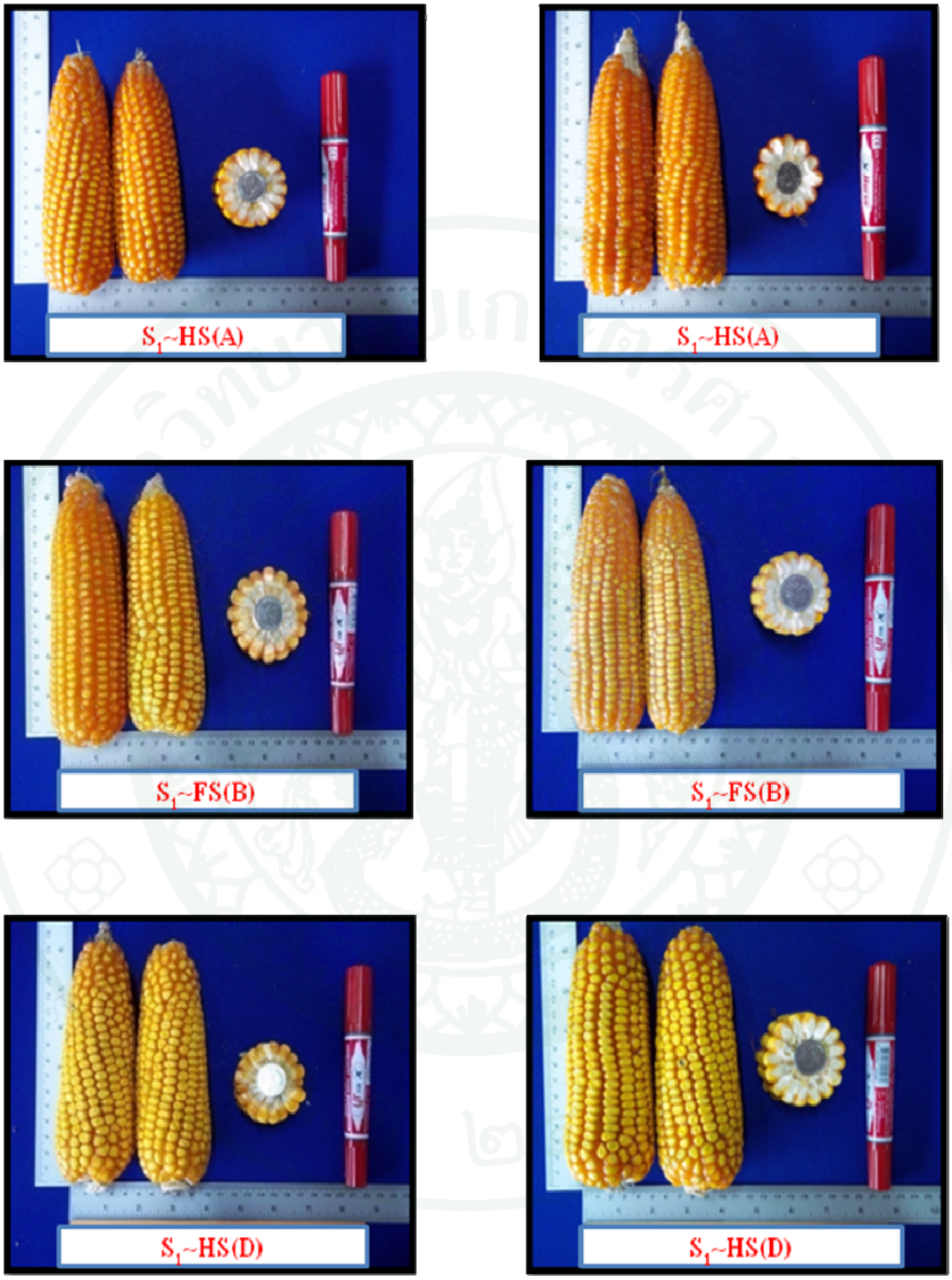
ชื่อรหัส[1/]	วิธีคัดเลือก[2/]	ประวัติพันธุ์	แหล่งที่มา
PCKD1	S_2	Kon Lek 2029 (F_1)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ
PCKD2	S_2	SFL 1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
PCKD3	S_2	RFL 2 / KSIF 608	Pac.984, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
PCKD4	S_2	RFL 4-1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
PCKD5	S_2	SFL 2 / SFL 5	Pac.984, Pac.984
PCKD6	S_2	SFL 5 / SFL 3	Mon.949, Pac.984
PCKD7	S_2	SFL 5 / RFL 4	Pac.984, Mon949
CMKD1	S_2	Kon Lek 2029(F_1)	บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ
CMKD2	S_2	SFL 1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
CMKD3	S_2	RFL 2 / KSIF 608	Pac.984, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
CMKD4	S_2	RFL 4-1 / KSIF 608	Mon.949, บริษัท ไพโอเนีย ประเทศไทยจำกัด
CMKD5	S_2	SFL 2 / SFL 5	Pac.984, Pac.984
CMKD6	S_2	SFL 5 / SFL 3	Mon.949, Pac.984
CMKD7	S_2	SFL 5 / RFL 4	Pac.984, Mon949

หมายเหตุ [1/]CM = ปลูกผสมฤดูที่ 3 ณ บริษัทพืชพันธุ์ตะวันเหนือ จังหวัดเชียงใหม่

PC = ปลูกผสม ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

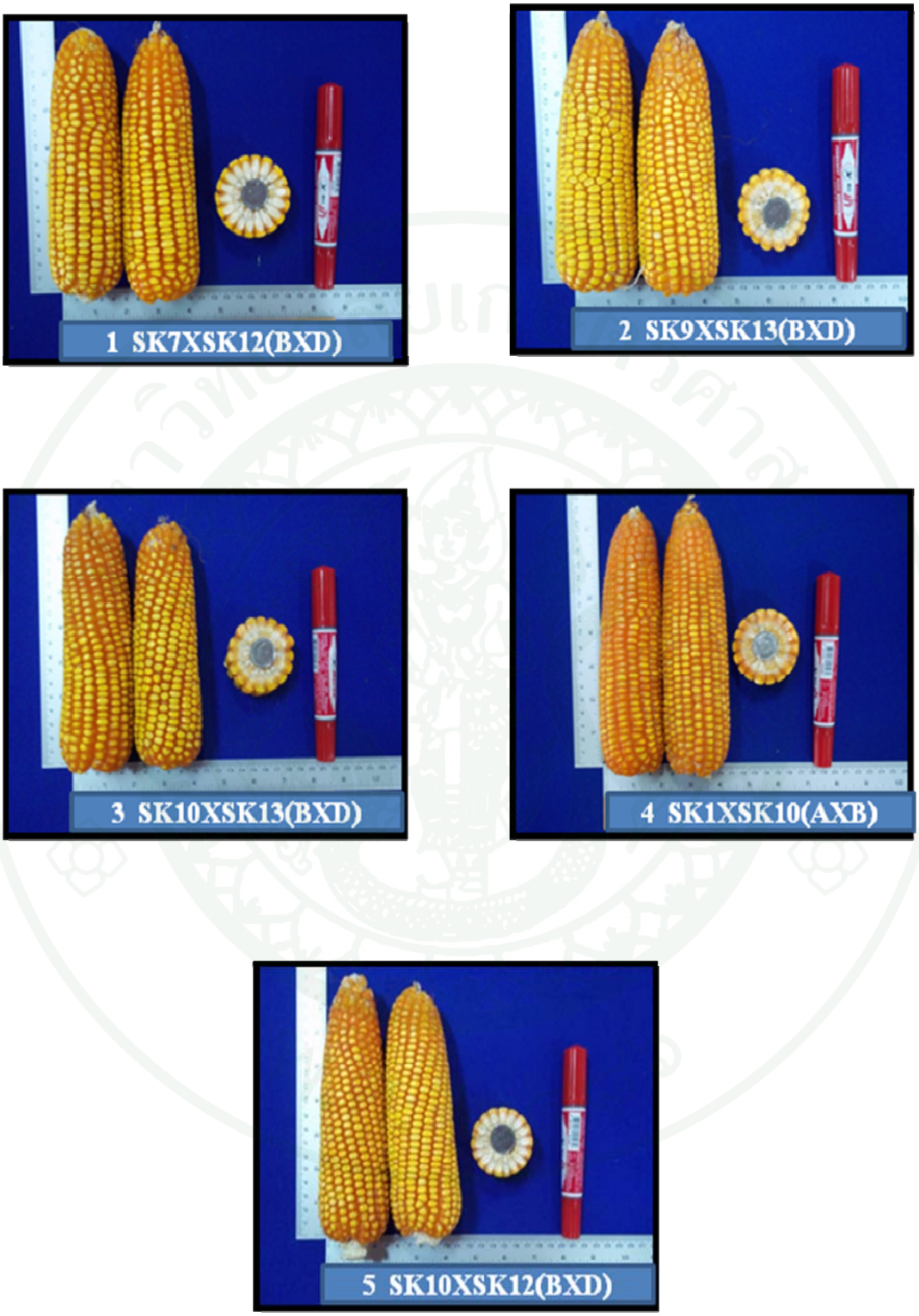
[2/]S_2 = ผสมตัวเอง 2 ชั่ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะฝักและเมล็ดของสายพันธุ์อินเบรดทั้ง 3 กลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะและเมล็ดของคู่ผสม 5 คู่ผสมแรก จาก 56 คู่ผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะลำต้นของคู่ผสม 4 คู่ผสมแรก จาก 56 คู่ผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสิทธินันต์ จองโพธิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	29 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2525
สถานที่เกิด	อำเภอ เมือง จังหวัด นครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	วทบ.(เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัย ราชภัฏพระนคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์