ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่ พืชไร่นา

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง ประสิทธิภาพของการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวม 3 วิธี

Efficiency of Three Composite-sibbed Line Selections

นามผู้วิจัย นางสาวรุจิรา พูลพิพัฒน์

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

ประสิทธิภาพของการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวม 3 วิธี

Efficiency of Three Composite-sibbed Line Selections

โดย

นางสาวรุจิรา พูลพิพัฒน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รุจิรา พูลพิพัฒน์ 2554: ประสิทธิภาพของการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวม 3 วิธี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์กฤษฎา สัมพันธารักษ์, Ph.D. 108 หน้า

การศึกษานี้เริ่มต้นโดยเริ่มจากการผสมข้ามระหว่างลูกผสมเดี่ยว 8 คู่ผสมที่มาจากการผสมข้ามระหว่างข้าวโพดหวาน (sh_2sh_2) และข้าวโพดปกติ (Sh_2Sh_2) ร่วมกับอินเบรดอีก 1 สายพันธุ์ ซึ่งต้านทานโรค *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) ตามแต่เห็นว่าเหมาะสม ได้ลูกผสมสี่ทาง (double-cross hybrid) 5 คู่ผสมและลูกผสมสามทาง (three-way cross hybrid) 2 คู่ผสม หลังจากนั้นทำการผสมตัวเองให้ลูกผสมสี่ทาง และผสมกลับลูกผสมสามทางไปหาคู่ผสม sh_2sh_2/Sh_2Sh_2 ตามด้วยการผสมข้ามภายในครอบครัวแบบ full sib แล้วคัดเลือกสายพันธุ์ที่ได้ตามวิธีการคัดเลือกแบบ alternate S_1 ~ full sib (S_1~FS) แบบ alternate S_1 ~ half sib (S_1~HS) และแบบ selective mass sibbing (SMS) ตามลำดับ หลังจากการคัดเลือก 2 รอบ นำสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาผสมพันธุ์แบบพบกันหมดภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มตามที่กำหนด เพื่อประเมินลักษณะโดยรวมของสายพันธุ์ผสมรวม (composite-sibbed line) และสมรรถนะการผสมของแต่ละสายพันธุ์

ลักษณะโดยรวมของสายพันธุ์ผสมรวมที่ได้จากการคัดเลือกทุกวิธี S_1~FS, S_1~HS และ SMS ให้ผลผลิตและสมรถนะการผสมของสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดมาจากวิธีคัดเลือกแบบ S_1~FS นอกจากนี้ ลักษณะโดยรวมของสายพันธุ์ S_1~FS มีความสม่ำเสมอค่อนข้างสูง ส่วนคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดมักให้ลักษณะทางคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งความหวานต่ำ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตและคุณภาพสูงมักมาจากฐานพันธุกรรมเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและคุณภาพกับสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัด ดังนั้นการทดสอบสายพันธุ์และคู่ผสมในแต่ละฤดูปลูกจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง และเนื่องจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมที่ควบคุมคุณภาพจำกัดอยู่ในวงแคบ ๆ นอกจากนี้ การนำเชื้อพันธุกรรมต่างกลุ่มเข้ามาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ควรทำด้วยความระมัดระวัง วิธีการคัดเลือกสลับระหว่างกาผสมตัวเองและการผสมข้าม เป็นวิธีที่ให้สมดุลเพื่อใช้ประโยชน์สูงสุดจากยีนผลบวก (additive genes) และยีนที่ไม่ใช่ผลบวก (non-additive gene) ในสายพันธุ์ผสมรวมและลูกผสม

_____ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rujira Poolpipat 2011: Efficiency of Three Composite-sibbed Line Selections.
Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy.
Thesis Advisor: Professor Krisda Samphantharak, Ph.D. 108 pages.

Eight hybrids which derived from crosses between super sweet corn (sh_2sh_2) and field corn (Sh_2Sh_2) and 1 SCMV resistant line were selectively crossed. The derived 5 double-cross hybrids were selfed and the 2 three-way cross hybrids were backcrossed to sh_2sh_2/Sh_2Sh_2 parents. The derived S_1 and BC shrunken lines were selectively full sibbed within each family and subjected to each selection method : alternate S_1 ~ full sib (S_1~FS), alternate S_1 ~ half sib (S_1~HS) and selective mass sibbing (SMS). After 2 cycles of selection, the selected lines were crossed in all possible combination within each group as well as between groups (factorial cross) as designed. General performances and combining ability of each composite-sibbed line were determined.

In general, each selection method : S_1 ~ FS, S_1 ~ HS and SMS rendered lines with similar average performances for yields and combining ability but the highest yield and high uniformity lines came from S_1~FS selection. Combinations of the lines which gave hybrids with highest yield tended to have low quality especially sweetness. However, combinations of the lines which produced hybrids with relatively high yield and high quality derived from parents of related genetic background. Interaction between yield, quality and environment is obvious. Therefore, yield trials of hybrids in each growing season are needed. Because of very specific group of gene interaction for quality of sweet corn, introduction of exotic germplasm into breeding program must be done with care. The alternate selection of selfs and crosses is a balance selection method for the benefit of additive and non-additive gene effects in composite-sibbed lines and hybrids.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา สัมพันธารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาอบรมสั่งสอนความรู้ทั้งด้านวิชาการและการเข้าสังคม อีกทั้งสนับสนุนด้านทุนวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประภา ศรีพิจิตต์ รองศาสตราจารย์ ดร.รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ประธานการสอบ และ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เจ้าหน้าที่และลูกจ้างทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ คุณอิสระพงศ์ บุตรจันทร์ ศิษย์พี่ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ สำหรับบุคคลที่สำคัญที่สุดที่เป็นแรงผลักดันแห่งความสำเร็จในวันนี้ คือ คุณพ่อบัณฑิต และคุณแม่สุนันทา พูลพิพัฒน์ คุณปู่และคุณย่า และทุกคนในครอบครัว ที่สนับสนุนและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน และเป็นกำลังใจให้เสมอมา ในการทำวิจัยจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ประโยชน์และความดีอันเนื่องมาจากงานวิจัยนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน

รุจิรา พูลพิพัฒน์

ตุลาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	39
ผล	39
วิจารณ์	67
สรุปและข้อเสนอแนะ	70
สรุป	70
ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	72
ภาคผนวก	81
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	108

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงสัญลักษณ์ของยีนควบคุมลักษณะแป้งภายในเมล็ดข้าวโพด	4
2	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนความหวานต่างตำแหน่ง	7
3	ประวัติสายพันธุ์ผสมรวม 21 สายพันธุ์	42
4	ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 12 เปอร์เซนต์ และลักษณะทางเกษตรของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 8 สายพันธุ์ ร่วมกับสายพันธุ์ผสมรวม 309 ซึ่งเป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ (เดือน ต.ค. 2553-ม.ค. 2554)	44
5	ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก เมล็ดฝาน ความหวาน จำนวนแถว และ วันออกดอก 50 เปอร์เซนต์ ของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 28 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553-ม.ค. 2554)	45
6	ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 28 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553-ม.ค. 2554)	46
7	คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 28 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553-ม.ค. 2554)	47
8	ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จาก 28 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553-ม.ค. 2554)	48
9	ผลผลิตเมล็ด ที่ความชื้น 12 เปอร์เซนต์ และลักษณะทางการเกษตรบางลักษณะของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 21 สายพันธุ์ ร่วมกับสายพันธุ์ผสมรวมเปรียบเทียบ 309 ซึ่งเป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ ปลูกทดสอบ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	ผลผลิตเมล็ดที่ 12 % ความชื้น และวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ของสายพันธุ์ผสมรวม 14 สายพันธุ์ ที่ผ่านการคัดเลือกด้วยสายตา (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	54
11	ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก เมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยว ของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุดจากทั้งหมด 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	55
12	ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จาก 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6Cและพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	56
13	ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	59
14	คุณภาพการกัดชิมหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	60
15	ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก เมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยว ของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุดจากทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับกลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	62

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

16 ลักษณะเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 24 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับกลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554) 63

17 ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับกลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554) 65

18 คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับกลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554) 66

ตารางผนวกที่

1 ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก และเมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554) 82

2 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสมที่มา
จากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554) 86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
3	ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	90
4	คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	94
5	ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก เมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบ พบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	98
6	ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างและแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	101
7	ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	103
8	คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)	105

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงความเป็นไปได้ของสายชีวเคมีในการสร้างแป้ง (starch) และ phytoglycogen จากน้ำตาล sucrose ในเมล็ดข้าวโพด	6
2	แผนผังแสดงการผสมพันธุ์	32
3	กราฟแสดงลักษณะโดยรวมของคู่ผสมที่เหมาะสมที่สุดในฤดูหนาว (เดือน ต.ค. 2553 – ม.ค. 2554) และ พันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2)	107
4	กราฟแสดงลักษณะโดยรวมของคู่ผสมที่เหมาะสมที่สุดในฤดูร้อน (เดือน มี.ค. – มิ.ย. 2554) และ พันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2)	107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสิทธิภาพของการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวม 3 วิธี

Efficiency of Three Composite-sibbed Line Selections

คำนำ

ปัจจุบันโครงการปรับปรุงพันธุ์หลัก ๆ ของข้าวโพดโดยทั่วไป ไม่ว่าจะใช้วิธีการอย่างไร มักจะลงท้ายด้วยการคัดแยกสายพันธุ์แท้ เพื่อใช้ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว นอกจากนี้ วิธีจดประวัติแบบคัดแยกสายพันธุ์โดยตรงยังคงได้รับความนิยมสูงสุด วิธีนี้เป็นการปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรด ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การผสมพันธุ์ระหว่างอินเบรด 2 สายพันธุ์ ตามด้วยการคัดแยกสายพันธุ์แบบผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้สายพันธุ์แท้ที่มีความสม่ำเสมอสูง ผลที่ตามมาทำให้สายพันธุ์แท้ที่ได้มักให้ผลผลิตต่ำ อันเนื่องมาจากความถดถอยทางพันธุกรรมซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับการใช้สายพันธุ์ดังกล่าวเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว สายพันธุ์พ่อแม่ที่ดีสำหรับการผลิตลูกผสมเดี่ยวควรมีความแข็งแรงและให้ผลผลิตสูง เพื่อลดต้นทุนในการผลิตเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สายพันธุ์แท้ของข้าวโพดหวาน ซึ่งมักมีผลผลิตที่ต่ำมาก แต่ผลผลิตที่สูงและความสม่ำเสมอทางคุณภาพของผลิตผลเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับข้าวโพดหวาน ดังนั้น การสร้างลูกผสมเดี่ยวของข้าวโพดหวานจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น แต่เนื่องจากผลผลิตที่ต่ำของสายพันธุ์พ่อแม่ ตลอดจนกระบวนการพัฒนาสายพันธุ์แท้ ซึ่งต้องใช้เวลาอันยาวนาน ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวของข้าวโพดหวานมีราคาสูง การเพิ่มผลผลิตของสายพันธุ์แท้ จึงเป็นวิถีทางที่สำคัญในการลดต้นทุนของเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวของข้าวโพดหวาน และเพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว จึงมีข้อเสนอแนะให้ใช้สายพันธุ์ผสมรวม (composite - sibbed line) เพื่อทดแทนการใช้สายพันธุ์แท้ วิธีการปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวมเท่าที่มีการเสนอแนะมา ประกอบด้วยการคัดเลือกแบบ selective mass sibbing หรือ SMS (Kinman, 1952) และ alternate S_1~full sib หรือ S_1~FS (Phuong *et al*., 2007) วิธี SMS เป็นวิธีที่สะดวกแต่มีประสิทธิภาพในการเข้าสู่ความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ต่ำ ในขณะที่การคัดเลือกแบบ S_1~FS มีประสิทธิภาพในการให้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตและความสม่ำเสมอสูง แต่วิธี S_1~FS มีจุดอ่อนตรงที่บ่อยครั้งไม่สามารถให้เมล็ดในช่วงของการคัดเลือกที่พอเพียง และส่งผลให้เกิดปัญหาในกระบวนการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวม เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว การใช้วิธีคัดเลือกสลับ S_1~HS น่าจะเป็นทางเลือกที่ดี เป็นการนำเอาข้อดีของทั้งสองวิธีดังกล่าว เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในระดับที่น่าพอใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมในแบบต่าง ๆ เพื่อลดระยะเวลาในการสร้างสายพันธุ์ผสมรวม

2. เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้สายพันธุ์ผสมรวม เพื่อผลิตลูกผสมข้าวโพดหวานทางการค้าที่ให้ผลผลิต และคุณภาพสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ลักษณะพันธุกรรมของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน เกิดจากการกลายพันธุ์ของยีน ในระบบการสังเคราะห์แป้งของข้าวโพดปกติ โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากยีนข่ม (dominant gene) ไปเป็นยีนแฝง (recessive gene) ซึ่งมีผลทำให้กระบวนการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตภายในเอนโดสเปอร์มไม่สมบูรณ์ มีการสร้างแป้งจากน้ำตาลซูโครสช้าลง จึงเกิดการสะสมน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่สูง ส่วนการสะสมในรูปแป้งกลับลดลง น้ำตาลที่อยู่ในเมล็ดข้าวโพดมีอยู่ 2 ชนิด คือ รีดิวซ์ซิ่งซูการ์ (reducing sugar) และซูโครส (surcrose) จากการที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีการสะสมน้ำตาลซูโครสสูง มีผลทำให้เมล็ดเหี่ยวย่นเมื่อแก่เต็มที่ การเหี่ยวย่นของเมล็ด เกี่ยวข้องกับปริมาณการสะสมน้ำตาลในเอนโดสเปอร์ม หากเมล็ดเหี่ยวย่นมาก แสดงว่ามีปริมาณของน้ำตาลซูโครสสะสมในปริมาณที่สูง (อำพล, 2536) ข้าวโพดหวานมียีนหลายยีนที่ควบคุมการสะสมแป้งและน้ำตาล ลักษณะแป้งภายในเมล็ดข้าวโพดควบคุมด้วยยีนมากกว่า 10 ตัว ทวีศักดิ์ (2540) กล่าวว่า ความหวานของข้าวโพดจะเกิดได้จากยีนหลายตัวแต่ตัวที่มีความสำคัญ และมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน คือ

su (sugary gene) มีสองคู่คือ *su* และ su_2 มีรายงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2467 ว่า *su* ทำให้เกิดการสะสม phytoglycogen ซึ่งเป็น water soluble polysaccharide และเป็นตัวที่ทำให้เนื้อข้าวโพดหวานนุ่ม

sh (shrunken gene) มีหลายคู่ คือ *sh*, sh_2, sh_3, sh_4 และ sh_5 มีผลทำให้แป้งลดน้อยลง และมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีการค้นพบยีน *sh* ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2464 และในปี พ.ศ.2487 ก็มีการค้นพบ sh_2 ซึ่งภายหลังมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพดหวานอย่างกว้างขวาง

bt (brittle gene) มี 3 คู่ คือ *bt*, *bt2* และ *bt4* เป็นยีนที่มีผลคล้ายกับยีน shrunken มาก และไม่สามารถบอกได้จากลักษณะของเมล็ดแต่อาจดูได้จากต้น ถ้าเป็น super sweet และมีต้นสีเขียวก็มีโอกาสเป็นได้ทั้ง *sh* และ *bt* แต่ถ้าต้นหรือดอกมีสีแดงจะเป็น *bt*

wx (waxy gene) ยีนชนิดนี้ทำให้เกิดการสะสมแป้งที่แตกต่างไปจากข้าวโพดธรรมดาและได้ค้นพบว่าเป็นแป้งพวก amylopectin ข้าวโพดที่มียีนชนิดนี้ ได้แก่ ข้าวโพดเทียน และข้าวโพดข้าวเหนียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

du (dull gene) มีข้อมูลน้อยมากและไม่มีการกล่าวถึงผลกระทบของยีน แต่มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

ae (amylose extender gene) เป็นยีนที่ทำให้ปริมาณของ amylose เพิ่มขึ้น

se (sugary enhancer gene) เป็นยีนใหม่สุดที่มีการค้นพบ จะต้องแสดงออกร่วมกับ *su* เสมอ มีผลทำให้เกิดการสะสมน้ำตาล maltose เพิ่มขึ้น

ยีนที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในพันธุ์การค้า สำหรับข้าวโพดหวานในประเทศไทย คือ sh_2 และ bt_2 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง sh_2 เนื่องจากมีน้ำตาลซูโครส มากกว่าลูกผสมข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sugary (*su*) มีการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแป้งหลังเก็บเกี่ยวอย่างช้า ๆ ทำให้สามารถเก็บได้นานภายใต้อุณหภูมิปกติ

ตารางที่ 1 แสดงสัญลักษณ์ของยีนควบคุมลักษณะแป้งภายในเมล็ดข้าวโพด

ยีน	สัญลักษณ์	โครโมโซม	ลักษณะเมล็ดเมื่อแก่เต็มที่
amylose	*ae*	5	สีเข้มด้าน โปร่งแสงถึงทึบแสง
brittle	*bt*	5	เหี่ยวย่น สีเข้มด้าน ทึบแสง
brittle-2	*bt2*	4	เหี่ยวย่น สีเข้มด้าน ทึบแสง
dull	*du*	10	ทึบแสงด้าน
miniature seed	*mn*	2	เมล็ดเล็กผิดปกติ แต่งอกได้ดี
shrunken	*sh*	9	เมล็ดย่น ทึบแสง
shrunken-2	*sh2*	3	เหี่ยวย่น โปร่งแสงถึงทึบแสง
shrunken-4	*sh4*	5	เหี่ยวย่น ทึบแสง
sugary	*su*	4	ย่น เป็นมัน
sugary-2	*su2*	6	สีด้านเล็กน้อย
waxy	*wx*	9	ทึบแสง

ที่มา : Hannah (1993)

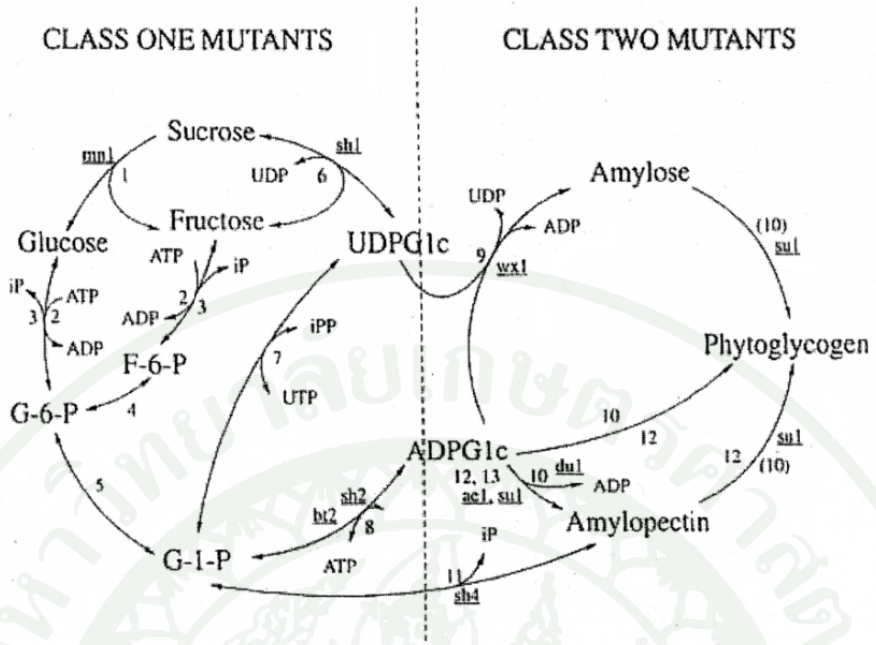
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสร้างคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพด

การสร้างคาร์โบไฮเดรตในเอ็นโดสเปอร์มของเมล็ดข้าวโพด ดังแสดงในภาพที่ 1 อธิบายถึงขั้นตอนของยีนที่ควบคุมการสร้างคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพด เพื่อให้ได้เมล็ดข้าวโพดปกติจริง ๆ แล้วมียีนที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วยกันจำนวนมาก ในขั้นตอนดังกล่าว แต่เท่าที่จำแนกได้มีอยู่ 12 ตัว (Boyer and Hannah, 2001) และตัวที่สำคัญ ๆ ที่ทราบกันดีมีอยู่ด้วยกัน 4 ตัว คือ *shrunken-2 (sh_2), blittle-2 (bt_2), sugary-1 (su_1)* และ *waxy1 (wx_1)* เอ็นโดสเปอร์มปกติต้องมียีนข่มภายในสายชีวเคมีครบทุกตัว ถ้าหากขาดตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้เกิดคอขวดทางชีวเคมี มีผลให้ลักษณะของเอ็นโดสเปอร์มผิดไปจากปกติ แต่สำหรับลูกผสมที่มาจากพ่อแม่ที่มียีนผิดปกติแตกต่างกัน จะมีเอ็นโดสเปอร์มปกติ เนื่องจากมียีนข่มจากพ่อและแม่เข้ามาเสริมในจุดที่บกพร่อง เช่น การผสมระหว่างข้าวโพดข้าวเหนียว wx_1wx_1 กับข้าวโพดหวานพิเศษ sh_2sh_2 ลูกผสมที่ได้จะมีลักษณะพันธุกรรม Sh_2sh_2 Wx_1wx_1 (ยีนที่ไม่ได้เขียนใส่ไว้ในลักษณะพันธุกรรมต่าง ๆ ให้ถือว่าเป็นยีนปกติทั้งหมด) ทำให้ลูกผสมมีเอ็นโดสเปอร์มปกติ และเนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมี “xenia effect” การแสดงออกของลักษณะพันธุกรรม จึงสามารถสังเกตได้ในแต่ละชั่วของการผสมเกสรที่มีการกระจายพันธุ์ การผสมระหว่างข้าวโพดที่มียีนกลายพันธุ์อื่น ๆ ที่แตกต่างกัน จะให้ผลเช่นเดียวกัน

การสังเคราะห์แป้งไม่ได้เกิดขึ้นภายในส่วนที่เป็นของเหลวภายในไซโตพลาสซึมที่เรียกว่า ไซโตโซล (cytosol) แต่เกิดขึ้นภายในองค์ประกอบย่อยของเซลล์ที่ทำหน้าที่สะสมแป้งที่เรียกว่า อะมิโลพลาสต์ (amyloplast) ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่มีเยื่อหุ้มสองชั้น และจะปล่อยให้โมเลกุลที่จำเป็นสำหรับการสร้างแป้งเท่านั้นที่ผ่านเข้าไปได้ แป้งประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคส และการสร้างแป้งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มียีนจำนวนมากเข้ามาเกี่ยวข้อง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนที่เกี่ยวข้องจึงเกิดขึ้นได้หลากหลาย ใน**ขั้นแรก** เป็นการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลตามขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อให้ได้ ADP – Glc ซึ่งสามารถซึมผ่านผนังเนื้อเยื่อของหน่วยสะสมแป้ง ปฏิกิริยาส่วนนี้เกิดขึ้นภายในส่วนที่เป็นของเหลวในไซโตพลาสซึม แต่ถ้าหากมียีนกลายพันธุ์ขั้นที่ 1 (Class One mutants) ที่สำคัญ ได้แก่ *shrunken-2 (sh_2), blittle-2 (bt_2)* ปฏิกิริยานี้จะไม่เกิดขึ้นและนำไปสู่การสะสมน้ำตาลภายในไซโตพลาสซึม ส่งผลต่อเนื่องให้อัตราการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งภายในหน่วยสะสมแป้งลดลง เป็นเหตุให้มีความหวานสะสมอยู่ภายในไซโตโซล **ขั้นที่สอง** เป็นการเปลี่ยน ADP – Glc ให้เป็นโมเลกุลของแป้ง ปฏิกิริยาในขั้นตอนนี้เกิดขึ้นในหน่วยสะสมแป้ง แต่ถ้าหากมียีนกลายพันธุ์ขั้นที่ 2 (Class Two mutants) ที่สำคัญ ได้แก่ *sugary-1 (su_1)* และ *waxy1 (wx_1)* ยีน wx_1 ยับยั้งการสร้างแป้งข้าวเจ้า (amylose) ส่งเสริมให้น้ำตาลส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นแป้งข้าวเหนียว (amylopectin) และ ยีน su_1 ช่วยส่งเสริมการสร้าง phytoglycogen ส่งผลให้ได้แป้งที่อ่อนนุ่มมีรสหวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 แสดงความเป็นไปได้ของสายชีวเคมีในการสร้างแป้ง (starch) และ phytoglycogen จากน้ำตาล sucrose ในเมล็ดข้าวโพด โดยมีตำแหน่งยีนกลายพันธุ์ในแต่ละขั้นตอน ตัวเลขที่แสดงไว้ในแต่ละขั้นตอนแสดงปฏิกิริยาของเอนไซม์แต่ละชนิด คือ 1) invertase , 2) hexokinase, 3) hexose-6-phosphatase, 4) glucose phosphase isomerase, 5) phosphoglucomutase, 6) sucrose synthase, 7) UDP – glucose pyrophosphorylase, 8) ADP – glucose pyrophosphorylase, 9) starch granule bound starch synthase, 10) soluble starch synthase, 11) starch phosphorylase, 12) starch branching enzyme (isoamylase – like): (Boyer และ Shannon, 1982)

ข้าวโพดหวานที่เสริมยีนเพิ่มความหวาน

การเสริมความหวานในข้าวโพดหวานชนิดต่าง ๆ อาจทำได้โดยการเพิ่มจำนวนยีนแฝงที่ให้ความหวาน เมล็ดพันธุ์ของข้าวโพดหวานชนิดนี้ มียีนที่เป็นยีนแฝงคู่แฝด (homozygous recessive) พื้นฐานอยู่หนึ่งตำแหน่ง แต่อีกตำแหน่งหนึ่งเป็นยีนคู่ผสม (heterozygote) เมื่อนำเมล็ดไปปลูกเพื่อผลิตฝักสด ยีนที่เป็นคู่ผสมจะแยกตัวตามกฎของ Mendel มีผลทำให้ 25 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่รับประทานมียีนแฝงคู่แฝด 2 คู่ (double recessive) เป็นการเสริมปริมาณน้ำตาลในเมล็ดและเมื่อรับประทาน จึงรู้สึกว่าข้าวโพดนั้นหวานขึ้นกว่าปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าวโพดหวานพวกนี้นิยมใช้ยีน *su* เป็นพื้นฐาน เพื่อให้แป้งมีความนุ่ม และเสริมความหวาน โดยการนำยีน sh_2 หรือซูการ์รีเอ็นฮานเซอร์ (sugaryenhancer, *se*) มาช่วยเสริม ตัวอย่างข้าวโพดหวานชนิดนี้ คือ พันธุ์ Sugar Loaf, Honey Comb และ Sugar Time เป็นต้น ในประเทศไทยข้าวโพดข้าวเหนียวหวานขอนแก่น อาจจัดอยู่ในประเภทนี้ได้โดยมียีน sh_2 หรือ *su* ร่วมกับ *wx* เป็นยีนแฝงคู่แฝด 2 คู่ (double recessive) (ทวีศักดิ์, 2540)

พันธุ์ที่จำหน่ายเป็นการค้าในสหรัฐอเมริกาที่ใช้ยีนเสริมความหวานระหว่าง *su se* และ *ae du wx* สำหรับ *su se* ให้ข้าวโพดหวานที่มีความหวานสูงขึ้น มี water soluble polysaccharide สูง ทำให้นุ่ม แต่สูญเสียความหวานอย่างรวดเร็ว ส่วน *ae du wx* นั้น การปรับปรุงพันธุ์ทำได้ยากมาก เพราะการสร้างให้เมล็ดข้าวโพดมียีน 3 ตัวอยู่ในสภาพยีนแฝงทั้งหมดนั้น ค่อนข้างยากต้องใช้เวลานาน และมีปัญหาเรื่องความงอกต่ำ (ทวีศักดิ์, 2540) สำหรับปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนความหวานชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนความหวานต่างตำแหน่ง

ยีน	ปฏิกิริยาร่วม	ลักษณะเมล็ด
ae bt	ข่มโดยยีน *bt*	ย่น และขุ่นด้าน
ae su	ร่วมแสดงออก	ย่นเล็กน้อย ใส
bt su	ร่วมแสดงออก	เหี่ยวย่นมาก ค่อนข้างใส
bt_2 *su*	ข่มโดยยีน bt_2	ย่น ค่อนข้างใส
sh_2 *su*	ร่วมแสดงออก	เหี่ยวย่นมาก ใสมันแต่ทึบแสงบ้าง
su wx	ข่มโดยยีน *su*	เหี่ยว ค่อนข้างมันและทึบแสง
ae du wx	ร่วมแสดงออก	ย่น ทึบแสง ถึงขุ่น
ae sh_2 *wx*	ข่มโดยยีน sh_2	ย่น ทึบแสง
ae su su_2	ร่วมแสดงออก	ย่นเล็กน้อยใสหรือขุ่นเล็กน้อย

ที่มา : ดัดแปลงและเพิ่มเติมจาก Kaukis and Davis (1986)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากเมล็ดลูกผสมข้าวโพดหวานที่มียีนความหวาน 2 ชนิดอยู่ร่วมกันมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำมาก จึงนิยมใช้การเสริมยีนเพียงบางส่วนโดยให้เมล็ดข้าวโพดหวานลูกผสมมียีน 1 ตำแหน่ง เป็น homozygote และที่อีกหนึ่งตำแหน่งเป็น heterozygote ซึ่ง heterozygote จะกระจายตัวภายในฝักของข้าวโพดหวานที่ใช้บริโภค ดังนั้น 25 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในฝักจะแสดงลักษณะของยีนแฝง 2 ชนิด ส่งผลให้มีปริมาณน้ำตาลสูง ซึ่งการผลิตลูกผสมทำได้โดยการผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรดที่มียีนแฝงคู่แฝด 1 ตำแหน่ง และยีนข่มคู่แฝดที่ตำแหน่งอื่น ๆ เช่น *susuSh*$_2$*Sh*$_2$ กับสายพันธุ์อินเบรดที่มียีนแฝงคู่แฝดทั้ง 2 ตำแหน่ง *susush*$_2$*sh*$_2$ ลูกผสมที่ได้มีพันธุกรรม *susuSh*$_2$*sh*$_2$ หลังจากเมล็ดได้รับการผสม 75 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ดภายในฝักจะแสดงลักษณะพันธุกรรม *susuSh*$_2$_ และ 25 เปอร์เซ็นต์ จะแสดงลักษณะพันธุกรรม *susush*$_2$*sh*$_2$ ในกรณีนี้ *su* เป็นยีนแฝงคู่แฝด ดังนั้น 75 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดจะมีปริมาณ phytoglycogen สูง หรือ 75 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดจะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม อันเนื่องมาจากยีน *su* และอีก 25 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดเป็นข้าวโพดหวานพิเศษ (*susu sh*$_2$*sh*$_2$) ลูกผสมทางการค้าส่วนใหญ่มียีนควบคุมความหวานแบบ *susuSh*$_2$*sh*$_2$ แต่ทั้งนี้ลูกผสมที่มียีนควบคุมความหวานแบบ *Susush*$_2$*sh*$_2$ หรือ *susuSese* ก็นิยมนำมาใช้เช่นกัน (Hallauer, 2001)

คุณภาพของข้าวโพดหวาน

คุณภาพของข้าวโพดหวานฝักสดเพื่อการบริโภคเป็นเรื่องที่สำคัญมาก ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานจึงต้องคำนึงถึงคุณภาพของฝักสดให้ตรงตามความต้องการและความพึงพอใจของผู้บริโภค Tracy (1994) กล่าวว่า การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานต้องคัดเลือกเพื่อปรับปรุงคุณภาพและรูปทรงของฝัก องค์ประกอบเบื้องต้นของคุณภาพฝักสดที่ผู้บริโภคนิยมคือ ลักษณะเนื้อเมล็ด (kernel texture) กลิ่นรส (flavor) และความหอม (aroma) (Wann *et al*., 1971;Flora and Wiley, 1974) สำหรับความหวาน (sweetness) ความนุ่ม (tenderness) ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp thickness) สีของซังและเมล็ด (cob and kernel color) และลักษณะของฝัก (ear appearance) ต่างก็เป็นตัวกำหนดคุณภาพฝักสดและการแปรรูปอุตสาหกรรมข้าวโพดหวานเช่นเดียวกัน (ทวีศักดิ์, 2540 : Azanza *et al*., 1994)

ความหวานและความหอม

ความหวานเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของรสชาติข้าวโพดหวาน (Flora and Wiley, 1974) เนื่องจากปริมาณแป้งในเมล็ด น้ำตาลซูโครส และฟรุกโตส ต่างก็มีบทบาทต่อความหวานและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รสชาติของข้าวโพดหวาน การสะสมน้ำตาลในเมล็ดเกิดขึ้นได้โดยยีนแฝง ที่ทำให้กระบวนการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในเอนโดสเปอร์มไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นแป้งถูกจำกัดจึงเกิดการสะสมน้ำตาลซูโครสภายในเมล็ดมากขึ้น และเมื่อเมล็ด แก่เต็มที่จะมีลักษณะเหี่ยวย่น (Camenon and Haward, 1954) ข้าวโพดหวานปกติ ซึ่งมียีน *sugary*-1 (su_1) บนโครโมโซมคู่ที่ 4 เป็นยีนที่ทำให้ความหวานตัวแรกที่ถูกค้นพบและเป็นยีนที่ส่งเสริมให้มีการสะสมไฟโตไกลโคเจน (phytoglycogen) ซึ่งเป็นแป้งที่อ่อนนุ่มและสามารถละลายในน้ำ (water soluble polysaccharide, WSP) มีผลทำให้แป้งปกติลดน้อยลง ต่อมามีการค้นพบยีนตัวใหม่ๆ ที่มีผลต่อการสะสมแป้งและน้ำตาลในข้าวโพด เช่น ยีน *shrunken* (sh, sh_2, sh_4) ยีน *brittle* (bt_1, bt_2, bt_4) ยีน *waxy* (*wx*) ยีน *dull* (*du*) ยีน *amylase extender* (*ae*) และ ยีน *sugary enhancer* (*se*) (Tracy, 1994)

คฑารัตน์ (2545) ใช้ refrectometer วัดปริมาณน้ำตาลในเมล็ดและพบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานปกติ (*su*) มีค่าความหวานค่อนข้างสูง เนื่องจากการวัดค่าความหวานในลักษณะนี้เป็นการวัดของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solid) และเนื่องจากเมล็ดข้าวโพดหวานมีการสะสมไฟโต-ไกลโคเจน (phytoglycogen) ซึ่งเป็น water soluble polysaccharides (WSP) ซึ่งมีลักษณะเป็นสารแขวนลอย (colloid) ทำให้ค่าความหวานที่วัดได้มีค่าสูง ดังนั้นการใช้ refrectometer จึงไม่เหมาะที่จะใช้วัดค่าความหวานของข้าวโพดหวานทุกชนิด การกัดชิมเพื่อประเมินคุณภาพของเมล็ดให้ผลโดยรวมที่แน่นอนกว่า ในทำนองเดียวกัน ชื่นจิต (2546) วัดค่าความหวานโดยใช้องศาบริกซ์ จาก refrectometer ผลปรากฏว่า ข้าวโพดหวานยีน *su* ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดน้อยกว่าข้าวโพดหวานยีน sh_2 แต่กลับให้ค่าความหวานสูงกว่า sh_2 นอกจากนี้ การวัดค่าความหวานในข้าวโพดหวานยังต้องพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมขณะทำการวัดผล เช่น ถ้ามีฝนตกชุกในช่วงเก็บเกี่ยว ข้าวโพดหวานจะให้ค่าความหวานลดต่ำลงกว่าปกติ นอกจากที่กล่าวแล้ว Jeo *et al.* (2002) ยังพบว่า ค่าความหวานของข้าวโพดหวาน (*su*) สูงถึง 24.3 – 27.1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ให้ค่าความหวานเพียง 13.8 – 18 เปอร์เซ็นต์

ความนุ่ม (tenderness)

ความนุ่มของเนื้อเมล็ดเป็นผลมาจากลักษณะแป้งภายในเมล็ด โดยปกติแล้วองค์ประกอบของแป้งในข้าวโพดหวานซึ่งควบคุมด้วยยีนแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ข้าวโพดหวานปกติ (*susu*) มีความนุ่มของเมล็ดสูง เนื่องจากข้าวโพดหวานประเภทนี้มี water soluble polysaccharides (WSP) สูงมาก แต่ในข้าวโพดหวานพิเศษทั้งประเภท sh_2 รวมทั้งยีน *bt* นั้นส่วนใหญ่มีความกรอบค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับข้าวโพดหวานปกติ เนื่องจากองค์ประกอบของแป้งและเปลือกหุ้มเมล็ดแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปรับปรุงความนุ่มโดยให้ความหวานยังคงอยู่ อาจใช้ยีน *bt* ร่วมกับยีน *su* เพราะเมื่อนำยีนคู่นี้มาอยู่ด้วยกันแล้วเมล็ดข้าวโพดหวานจะมีซูโครสสูงมาก และในขณะเดียวกันก็มี WSP สูงพอสมควร แต่การนำ *bt* มาร่วมกับ *su* จะทำให้ความงอกของเมล็ดลดลงอย่างมาก (Tsai and Glover, 1974)

ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp thinness)

นักพันธุศาสตร์ข้าวโพดได้ศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ และสายพันธุ์ต่าง ๆ ของข้าวโพดหวาน พบว่า มีความแตกต่างกันมาก และจากการศึกษาทางด้านปรับปรุงพันธุ์พบว่าลักษณะนี้สามารถปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้นโดยไม่ยากนัก และมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ (heritability) สูงพอควร และสามารถลดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดโดยวิธีคัดรวม (mass selection) จาก 74 ไมครอน ในรอบการคัดเลือกที่ศูนย์ (C_0) เป็น 53 ไมครอน ในรอบการคัดเลือกที่ 3 (C_3) คิดเป็น 6.8 ไมครอนต่อรอบการคัดเลือก (Ito and Brewbaker, 1981) ในทำนองเดียวกัน วิเชียร (2538) ได้ปรับปรุงความอ่อนนุ่มในข้าวโพดหวานพันธุ์ไทยซูเปอร์สวีทคอมพอสิต 1 ดี เอ็ม อาร์ โดยวิธีการคัดเลือกแบบคัดรวม (mass selection) 4 รอบการคัดเลือก และโดยวิธีการคัดเลือก S_1 ประยุกต์ (modified - S_1 selection) ใช้เกณฑ์ในการคัดเลือก 2 วิธี คือ การวัดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด และการกัดชิม พบว่า เมื่อใช้การวัดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นเกณฑ์ ในการคัดเลือกแบบคัดรวม และ S_1 ประยุกต์ ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดลดลง 9.4% คิดเป็น 14.9% ต่อรอบการคัดเลือก ในขณะที่ความอ่อนนุ่มจากการกัดชิมเพิ่มขึ้น 7.9% คิดเป็น 7.1% ต่อรอบการคัดเลือก ส่วนการใช้การกัดชิมเป็นเกณฑ์ ในการคัดเลือกแบบคัดรวม และ S_1 ประยุกต์ ความอ่อนนุ่มโดยการกัดชิมเพิ่ม 10% คิดเป็น 12.9% ต่อรอบการคัดเลือก ในขณะที่ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดลดลง 7.5% คิดเป็น 14.1% ต่อรอบการคัดเลือก อย่างไรก็ตาม รัชฎา (2535) พบว่า ถ้าหากข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดที่บางกว่าแต่มีความแน่นเนื้อสูง (puncture test) อาจทำให้เกิดความรู้สึกว่าข้าวโพดหวานนั้นเหนียวหรือแข็ง ทั้งนี้ลักษณะดังกล่าว อาจเป็นผลมาจากความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ด และชนิดของคาร์โบไฮเดรทในข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์ จากการประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวโพด Helm and Zuber (1972) พบว่า ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection) ในผลการศึกษาที่คล้ายกัน Ito and Brewbaker (1991) พบว่า ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ต่ำกว่า โดยมีค่าเฉลี่ย 55.2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ขีดความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะของแต่ละการทดลองจึงแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ที่ใช้และสภาพแวดล้อมของการทดลองที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลิ่นและรสของข้าวโพด

กลิ่นและรสที่ดีมีความสำคัญต่อการบริโภคฝักสด ผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง และการนำไปประกอบอาหารอื่น ๆ ทวีศักดิ์ (2540) รายงานว่า กลิ่นเฉพาะตัวของข้าวโพดหวานเกิดจากสารประกอบไดเมททิลซัลไฟด์ (dimethy sulfide ; DMS) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ S-methyl methionine sulfoniumsalt ด้วยความร้อนได้ homoserine และ DMS ความเข้มข้นของสารตั้งต้นในแต่ละพันธุ์มีผลต่อกลิ่นรสมากกว่าปริมาณความร้อน การเพิ่มปริมาณความร้อนไม่ได้เพิ่มปริมาณ DMS ซึ่งมักสลายตัวหมดในช่วงแรกของการแปรรูป Dignan and Wiley (1976) และ Williams and Nelson (1973) พบว่า ระดับของไดเมททิลซัลไฟด์ มีความแตกต่างกันในข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์และช่วงการเก็บเกี่ยว ซึ่งปริมาณไดเมททิลซัลไฟด์จะลดลงเมื่ออายุของเมล็ดข้าวโพดหวานมากขึ้น

Self *et al*. (1963) รายงานว่า ปริมาณของไดเมททิลซัลไฟด์มีอยู่ในข้าวโพดหวานที่ประกอบอาหารในปริมาณสูง Bills and Keenan (1968) รายงานว่า ไดเมททิลซัลไฟด์ในข้าวโพดหวานที่ผ่านการแปรรูปมีปริมาณ 5.7-14.2 ppm ในข้าวโพดหวานแช่แข็งมีเพียง 0.3-0.8 ppm นอกจากนี้ Flora and Wiley (1974) กล่าวว่า ในข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ข้าวโพดหวานแช่แข็ง และข้าวโพดฝักสด มีปริมาณไดเมททิลซัลไฟด์ อยู่ระหว่าง 0.43-17.0 ppm และจะลดลงเมื่อข้าวโพดหวานเข้าสู่ช่วงสุกแก่ทางสรีรวิทยา

เชื้อพันธุกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

การปรับปรุงพันธุ์ เริ่มต้นจากการค้นหาเชื้อพันธุกรรม (germplasm) เพื่อนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ โดยทั่วไปพ่อแม่พันธุ์ที่ดีควรเป็นพันธุ์ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่า สามารถปรับตัวและให้ผลผลิตที่ดีในพื้นที่ที่กำหนด ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นการค้า พันธุ์พื้นเมือง หรือพันธุ์ที่ได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ ในกรณีดังกล่าวสายพันธุ์ต่าง ๆ อาจมีมีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเพื่อเพิ่มความแปลกใหม่ให้กับสายพันธุ์ อาจมีความจำเป็นต้องใช้สายพันธุ์จากแหล่งอื่น ๆ เข้ามาเสริม เป็นการเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) เชื้อพันธุกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานอาจนำมาจาก (กฤษฎา, 2544)

1. พันธุ์พื้นบ้าน (primitive cultivar หรือ land races) พันธุ์พื้นบ้านเป็นพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาในแต่ละท้องถิ่นเป็นเวลานาน โดยกระบวนการผสมผสานระหว่างการคัดเลือกโดย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธรรมชาติและมนุษย์ มีการกระจายแพร่พันธุ์ออกไปยังท้องถิ่นต่าง ๆ ตามการอพยพของมนุษย์ในระยะเวลาที่ยาวนาน พันธุ์จึงเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม ทั้งโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น (disruptive selection) พันธุ์พื้นบ้านมีการปรับตัวได้ดีเฉพาะถิ่นและคงไว้ซึ่งพันธุกรรมที่เป็นประโยชน์อย่างมากมาย (กฤษฎา, 2546) พันธุ์เหล่านี้มีทั้งข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเทียน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดไร่ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานได้ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวได้ดีในแต่ละท้องถิ่น

2. พันธุ์ปรับปรุงและพันธุ์การค้า (improved variety หรือ commercial variety) พันธุ์ปรับปรุงและพันธุ์การค้า เป็นพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงและคัดเลือกโดยนักปรับปรุงพันธุ์พืชมาแล้ว พันธุ์ปรับปรุงและพันธุ์การค้าเหล่านี้ นักปรับปรุงพันธุ์สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมเริ่มแรกได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการปรับตัว และผลผลิต (ทวีศักดิ์, 2540)

3. สายพันธุ์จากการทดลอง (advanced breeding lines) เป็นสายพันธุ์ที่อยู่ในระยะการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสุดท้าย หรือเพื่อใช้สำหรับเป็นพันธุ์ปลูกใหม่ ๆ ในพืชผสมตัวเองหรือเพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมหรือเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป อาจเรียกสายพันธุ์เหล่านี้ว่า สายพันธุ์ชั้นนำ (elite lines) ซึ่งหมายถึงสายพันธุ์ที่มีศักยภาพที่ผ่านการทดสอบมาแล้วอย่างดี เพียงแต่รอการทดสอบขั้นสุดท้าย (กฤษฎา, 2546)

4. พันธุ์ต่างถิ่น (exotic variety) เป็นพันธุ์นอกเขตการปรับตัว อาจเป็นพันธุ์ภายในประเทศหรือต่างประเทศที่มีการปรับตัวที่แตกต่างไปจากท้องถิ่นที่ต้องการนำไปปลูก พันธุ์เหล่านี้มักปรับตัวเข้ากับสภาพการเพาะปลูกในท้องถิ่นที่กำหนดไม่สู้ดี มักประสบปัญหาจากโรคและแมลงมาก มีวันออกดอกที่เร็วขึ้น แต่ก็มีบางพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับเขตปลูกข้าวโพดของประเทศไทยได้ดีในบางฤดูปลูก ถึงแม้ว่าพันธุ์นำเข้าจะมีปัญหาในการปรับตัว นักปรับปรุงพันธุ์ก็ควรนำพันธุ์เหล่านี้มาใช้บ้าง เพราะพันธุ์ต่างถิ่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากสหรัฐอเมริกา เป็นผลของการปรับปรุงพันธุ์มากกว่า 100 ปี พันธุ์ข้าวโพดหวานเหล่านี้มีคุณสมบัติยอดเยี่ยมในเรื่องคุณภาพ ขนาดเมล็ด รูปทรงฝัก (ทวีศักดิ์, 2540)

5. พันธุ์ข้าวโพดไร่ (field corn) Treat and Tracy (1993) ใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของลำต้นและระบบรากของข้าวโพดหวาน โดยเปรียบเทียบลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดไร่ (dent corn) กับข้าวโพดหวาน (sweet corn) และข้าวโพดหวานกับข้าวโพดหวาน พบว่าลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดไร่กับข้าวโพดหวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีลักษณะลำต้นและระบบรากที่แข็งแรงกว่าลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวโพดหวานกับข้าวโพดหวาน โดยมีค่าเฉลี่ยของต้นที่หักล้ม (lodging) เท่ากับ 4.4 และ 18.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่ ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

โชคชัย และคณะ (2537) ใช้วิธีสร้างประชากรโดยนำพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมต่างประเทศ ที่ควบคุมด้วยยีน sugary-1 เช่น Silver Queen White Hybrid (SQWH), Jubilee และ Kandy Korn มาผสมกับพันธุ์ดีเด่นของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เช่น พันธุ์สุวรรณ 2 พันธุ์สุวรรณ 3 และ Thai Supersweet Comp 1 DMR จากนั้นทำการพัฒนาและปรับปรุงประชากรโดยวิธีการคัดเลือกรวม 3-6 ชั่ว เพื่อให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม และมีลักษณะทางพืชไร่ต่าง ๆ ที่ดี แล้วทำการสกัดสายพันธุ์โดยวิธีคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ ผลการวิจัยสรุปได้ว่าลักษณะทางพืชไร่ดีขึ้นกว่าเดิม เช่น วันออกไหม ความสูงต้นและฝัก ระบบรากและลำต้น ความต้านทานโรคและแมลง สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และต้านทานต่อโรคราน้ำค้างและโรคทางใบต่าง ๆ

พิเชษฐ์ และคณะ (2538) ได้สร้างประชากรข้าวโพดหวานเพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวาน โดยการนำข้าวโพดหวานมาจากต่างประเทศเพื่อผสมรวมกับข้าวโพดหวานซึ่งต้านทานโรคราน้ำค้าง Thai Super Sweet Composite # 1 DMR (TSSC#1DMR)และประชากรข้าวโพดไร่ TF Composite# 1DMR เพื่อสร้างเป็นประชากรใหม่เรียกว่า ประชากร A และประชากร B จากการปรับปรุงประชากรในแบบ S_1 recurrent selection รอบที่ 1 พบว่า pop A (S) C_1, pop B (S) C_2 ตลอดจนพันธุ์สังเคราะห์ซึ่งสร้างจากสายพันธุ์ผสมตัวเอง 1 ครั้ง ของประชากรทั้งสองมีระดับความต้านทานโรคราน้ำค้างและผลผลิตฝักสดปอกเปลือกมากกว่า TSSC#1 DMR การประเมินคุณภาพและลักษณะทางเกษตรที่สำคัญ พบว่า ส่วนใหญ่มีอายุการออกไหม ความสูง และความหวานดีขึ้น

ณัฏฐนี และคฑารัตน์ (2546) ใช้วิธีสร้างประชากรโดยนำพันธุ์ข้าวโพดหวานจากต่างประเทศที่ควบคุมด้วยยีน shrunken-2 (sh_2) มาผสมกับสายพันธุ์ข้าวโพดไร่ พบว่าเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่มีศักยภาพในการใช้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานจากต่างประเทศ ทำให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและต้านทานโรคและแมลงต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่นจิต (2546) แสดงให้เห็นว่า การใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวานพิเศษรวมถึงการใช้ข้าวโพดข้าวเหนียว ที่มีการปรับตัวได้ดีภายในประเทศ เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อการปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรด สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดีกว่าการใช้เชื้อพันธุกรรมจากต่างประเทศที่มีการปรับตัวต่ำ อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์จากต่างประเทศยังเป็นประโยชน์ สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ในระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำลักษณะทางคุณภาพบางอย่างมาใช้ การผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์อินเบรด ที่ได้รับการคัดเลือกจากงานทดลองต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรดใหม่ ๆ ทำให้คุณภาพและผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดดีขึ้น และนำไปสู่ลูกผสมพันธุ์ใหม่ ๆ ที่ดีขึ้นด้วย

กฤษฎา (2544) กล่าวว่า การปรับปรุงพันธุ์ในระยะเวลาสั้น การใช้สายพันธุ์นำเข้าที่มีการปรับตัวต่ำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ ทำให้ค่าเฉลี่ยของประชากรต่ำ มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง และ ให้สายพันธุ์ที่ดีน้อย แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุงสายพันธุ์อย่างเป็นขั้นตอน เพื่อปรับสมดุลของยีน และเพิ่มการปรับตัวของสายพันธุ์ใหม่ โดยการผสมกลับไปหาสายพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดี หรืออาจกล่าวได้ว่า การปรับตัวของสายพันธุ์ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม มีความสำคัญยิ่งกว่าความหลากหลายทางพันธุกรรม แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของยีน ที่ช่วยให้มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม (protective gene) เพื่อปกป้องให้ยีนที่ทำหน้าที่ในระบบต่าง ๆ (functional gene) ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Troyer (1999) สรุปว่า การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมมีความสำคัญมากกว่าความหลากหลายทางพันธุกรรม นั่นคือ เชื้อพันธุกรรมที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์ ควรต้องมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ การถ่ายทอดยีนบางส่วนเท่าที่จำเป็นเข้าสู่สายพันธุ์เดิม มีประสิทธิภาพมากกว่าการสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมให้กับสายพันธุ์เดิม ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ในทางปรับปรุงพันธุ์พืช น่าจะหมายถึงการเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิต โดยการเสริมลักษณะเท่าที่จำเป็น มากกว่าการสร้างความแปรปรวนทางด้านพันธุกรรม (genetic variability) ให้กับประชากรพืช ซึ่งส่วนมากแล้วเป็นการลดศักยภาพในการให้ผลผลิตของพืช ความหลากหลายทางพันธุกรรมจึงควรอยู่ในกรอบของสภาพแวดล้อมที่กำหนด การปรับปรุงพันธุ์จึงเป็นการเสริมยีน ที่มีศักยภาพเข้าสู่สายพันธุ์เดิม เพื่อเพิ่มระดับการปรับตัวของพืชแทนที่จะค้นหายีนกลุ่มใหม่ ๆ ที่ผิดแผกไปจากเดิมอย่างมาก ซึ่งมักให้ผลในด้านลบต่อการปรับตัวของพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการผสมกลับ

กฤษฎา (2546) กล่าวว่า การผสมกลับ (backcrossing) คือ การนำลูกที่ได้จากการผสมในแต่ละชั่วผสมกลับไปหาพ่อหรือแม่ของมันเอง โดยสภาพธรรมชาติ พืชต่างชนิดที่มีพันธุกรรมใกล้เคียงกันหรือเป็นเครือญาติกัน จะผสมข้ามกันได้บ้างในอัตราที่ต่ำ และไม่สามารถอยู่รอดได้ การผสมกลับไปหาพ่อหรือแม่เป็นการเพิ่มอัตราส่วนของยีนจากพ่อหรือแม่ข้างใดข้างหนึ่งให้สูงขึ้น ทำให้สมดุลของยีนในลูกผสมดีขึ้นจึงมีโอกาสอยู่รอดได้สูง และถ้าการผสมกลับเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ก็จะเหลือยีนเพียงจำนวนเล็กน้อยของพืชชนิดหนึ่งถ่ายทอดเข้าไปสู่อีกพืชชนิดหนึ่ง การผสมข้ามตามด้วยการผสมกลับจึงเป็นกระบวนการเชื่อมต่อในการถ่ายทอดยีน จากพืชชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่ง (gene introgression) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอย่างต่อเนื่อง

การผสมกลับประกอบด้วยสายพันธุ์ผู้ให้ (donor parent) คือ สายพันธุ์ที่ให้ยีนบางส่วนไปยังสายพันธุ์ผู้รับ (recipient parent) ดังนั้น สายพันธุ์ผู้รับ คือ สายพันธุ์ที่ลูกผสมที่เกิดขึ้นจะต้องผสมกลับไปหาอย่างต่อเนื่องจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า สายพันธุ์ผสมซ้ำ (recurrent parent) ลูกผสมที่เกิดขึ้นจึงเป็นลูกผสมกลับ (backcross hybrid) ถ้าผสมกลับครั้งที่ 1 เรียกว่าลูกผสมกลับครั้งที่ 1 (BC_1) ถ้าผสมกลับ 2 ครั้ง เรียกว่า ลูกผสมกลับครั้งที่ 2 (BC_2) เป็นต้น (กฤษฎา, 2546)

โดยหลักการ การที่จะผสมกลับกี่ครั้งขึ้นอยู่กับว่า สายพันธุ์ผู้ให้มีการปรับตัวได้ดีเพียงใด มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกับสายพันธุ์ผู้รับมากน้อยขนาดไหน ถ้าสายพันธุ์ผู้ให้มีการปรับตัวต่ำ และมีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง จำนวนการผสมกลับย่อมต้องมากครั้งขึ้น เพื่อปรับสมดุลของยีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมข้ามพืชต่างชนิดหรือพืชที่นำเข้ามาจากเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกับท้องถิ่น ที่นำมาใช้อย่างมาก โดยทั่วไปถ้าไม่มีเหตุผลอื่นใดพิเศษ การผสมกลับเพียง 1-2 ครั้ง น่าจะเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้มีการกระจายพันธุ์ที่เกินขีดจำกัด (transgressive segregation) หรือเพื่อทำให้ลักษณะที่ดีจากสายพันธุ์ผู้ให้มากกว่าหนึ่งสายพันธุ์ (กฤษฎา, 2546)

วิธีผสมกลับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพ นอกจากนี้การผสมกลับทำให้สามารถกำหนดเปอร์เซ็นต์ของยีนจากสายพันธุ์ผู้ให้ไปยังสายพันธุ์ผู้รับก่อนที่จะผสมตัวเองเพื่อสกัดสายพันธุ์อินเบรด การปรับปรุงสายพันธุ์โดยวิธีผสมกลับ อาจทำได้อย่างตรงไปตรงมาตามขั้นตอนมาตรฐานหรืออาจซับซ้อน ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการถ่ายทอดลักษณะและปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์ที่ใช้ (กฤษฎา, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คฑารัตน์ (2546) กล่าวว่า การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน โดยใช้สายพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมจากสหรัฐอเมริกา มักประสบปัญหาโรคและแมลงมาก แต่เมื่อนำมาผสมกับสายพันธุ์ข้าวโพดไร่โดยมีเชื้อพันธุกรรมนำเข้าและข้าวโพดไร่อย่างละ 50 เปอร์เซ็นต์ คู่ผสมที่ได้เมื่อนำมาสกัดสายพันธุ์อินเบรดให้สายพันธุ์อินเบรดชั่วที่ 4 (S_4) ซึ่งให้ลูกผสม S_4xS_4 ที่มีลักษณะทรงต้นแข็งแรงต้านทานต่อโรค

นลิณี (2547) พัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดหวานปกติ (*su*) และข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) โดยใช้สายพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมและผสมกลับไปหาสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดไร่โดยใช้ผลของซีเนียช่วยแยกเมล็ดข้าวโพดหวานออกจากเมล็ดข้าวโพดไร่ พบว่า การผสมกลับ 2 ครั้ง ไปหาสายพันธุ์ข้าวโพดไร่และผสมตัวเองอีก 1 ครั้ง เพียงพอสำหรับการคัดเลือกเพื่อให้ได้สายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดหวานที่มีลักษณะทางเกษตรที่ดีของสายพันธุ์ข้าวโพดไร่ ตลอดจนลักษณะทางคุณภาพที่ดีจากสายพันธุ์ข้าวโพดหวาน

Hooker (1961) ใช้วิธีผสมกลับแบบพื้นฐาน เพื่อถ่ายทอดยีน Ht ซึ่งต้านทานต่อเชื้อ *Helminthosporuim turcicum* Pass. เข้าสู่อินเบรด B73 โดยไม่มีปัญหาแทรกซ้อนในขณะที่การถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อ European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hubner) จากสายพันธุ์ Amargo 41.2504B เข้าสู่อินเบรด B14 มีปัญหาค่อนข้างซับซ้อน Penny and Dicke (1956) ผสมพันธุ์ต้านทานกลับไปหา B14 2 ครั้ง ก่อนผสมตัวเองและคัดเลือกแบบจดประวัติ ได้สายพันธุ์ที่ต้านทานใหม่ B68 ในขณะเดียวกันผสมข้ามระหว่างลูกผสมกลับ ก่อนผสมตัวเองและคัดเลือกแบบจดประวัติ ได้สายพันธุ์ที่ต้านทานใหม่ ในการปรับปรุงลักษณะต้านทานในรอบที่ 2 โดยใช้อินเบรด B37 ผสมข้ามกับ CI 31A คัดสายพันธุ์ต้านทานใน F_2 และผสมกลับไปหา B37 ตามด้วยการคัดเลือกแบบจดประวัติ ได้สายพันธุ์ที่ต้านทาน B76 ที่มีความต้านทานที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

การใช้ “ซีเนีย” เป็นเครื่องหมายพันธุกรรม

กฤษฎา (2551) กล่าวว่า ซีเนีย (xenia) เป็นปรากฏการณ์ที่พันธุกรรมของเชื้อสืบพันธุ์เพศผู้แสดงลักษณะทางพันธุกรรมออกมาในเนื้อเยื่อของต้นแม่ ในชั่วที่ทำการผสม ทำให้สามารถติดตามพันธุกรรมเหล่านั้นได้ในทุก ๆ ชั่วที่มีการผสมพันธุ์ ไม่ว่าลักษณะนั้นๆ เป็นลักษณะข่มหรือลักษณะแฝง ตัวอย่างที่เด่นชัดคือลักษณะ การแสดงออกของเอนโดสเปอร์มของเมล็ดข้าวโพด ในกรณีที่ต้องการผสมข้ามระหว่างข้าวโพดไร่กับข้าวโพดหวาน เพื่อนำลักษณะที่ดีในข้าวโพดไร่เข้าสู่ข้าวโพดหวาน โดยใช้ผลจาก “ซีเนีย” ช่วยทำให้การคัดพันธุ์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพราะลักษณะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แสดงออกได้ทันทีในชั่วที่มีการผสมพันธุ์ โดยไม่จำเป็นต้องไปปลูกในชั่วลูก เช่น เมื่อผสมข้าวโพดไร่กับข้าวโพดหวาน Sh_2Sh_2 x sh_2sh_2 เมล็ด F_1 แสดงลักษณะเป็นข้าวโพดไร่ (Sh_2sh_2) นำไปปลูกได้ต้น F_1 และเมื่อผสมตัวเอง เมล็ด F_2 ภายในฝักของต้น F_1 จะมีลักษณะพันธุกรรม $1Sh_2Sh_2$: $2Sh_2sh_2$: $1sh_2sh_2$ ทำให้สามารถแยกเมล็ดข้าวโพดหวาน ออกจากเมล็ดข้าวโพดไร่ได้ในชั่ว F_1

สภาพแวดล้อมไร้การแข่งขัน

กฤษฎา (2544) กล่าวว่า สภาพแวดล้อมที่จะทำให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงสุด หรือสภาพแวดล้อมในอุดมคติ คือสภาพแวดล้อมที่พืชทุกต้นภายในประชากรสามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างเท่าเทียมกันนับตั้งแต่พันธุกรรมของพืชที่เหมือนกัน ระดับพัฒนาการของพืชที่เท่ากัน สภาพแวดล้อมภายในแปลงปลูกสม่ำเสมอ และอื่น ๆ สำหรับสภาพแวดล้อมไร้การแข่งขัน คือสภาพที่พืชแต่ละต้นปลูกห่างกัน จนไม่มีอะไรเกี่ยวข้องกัน เพื่อตัดการรบกวนซึ่งกันและกันให้เหลือเท่ากับศูนย์ สภาพแวดล้อมไร้การแข่งขัน ตอบสนองสภาพแวดล้อมในอุดมคติหนึ่งประการ คือ การรบกวนซึ่งกันและกันเท่ากับศูนย์ เปิดโอกาสให้พืชใช้ทรัพยากรอย่างเท่าเทียมกันมากที่สุด ตัดปัญหาเรื่องการแข่งขันระหว่างพืชที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน เป็นการลดช่องว่างระหว่างสภาพแวดล้อมของประชากรพันธุกรรมเดี่ยว ในแปลงปลูกของเกษตรกรกับสภาพแวดล้อมประชากรพันธุกรรมคละในสภาพปลูกที่หนาแน่นในสภาพแปลงทดลอง Fasoula (1990) คัดแยกสายพันธุ์ข้าวสาลีในสภาพไร้การแข่งขัน และนำมาปลูกทดสอบในสภาพการปลูกหนาแน่น สรุปว่าพวกให้ผลผลิตสูงในสภาพไร้การแข่งขัน ให้ผลผลิตสูงเมื่อปลูกอย่างหนาแน่นในสภาพพันธุกรรมเดี่ยว และพวกให้ผลผลิตต่ำในสภาพไร้การแข่งขัน ให้ผลผลิตต่ำในสภาพปลูกอย่างหนาแน่นในสภาพพันธุกรรมเดี่ยว แต่เมื่อปลูกในสภาพแข่งขัน (ปลูกสลับแถวกับพันธุ์ดั้งเดิม) พวกให้ผลผลิตสูงในสภาพไร้การแข่งขันกลับให้ผลผลิตต่ำ และพวกผลผลิตต่ำในสภาพไร้การแข่งขันกลับให้ผลผลิตสูง นอกจากนี้ผลผลิตต่อต้นในสภาพไร้การแข่งขันมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตต่อต้นในสภาพปลูกหนาแน่นของพันธุกรรมเดี่ยว แต่มีความสัมพันธ์ในทางลบกับสภาพปลูกหนาแน่นของพันธุกรรมคละ แสดงให้เห็นว่า การทดสอบพืชสายพันธุ์แท้ที่หลากหลายสายพันธุ์โดยใช้แถวเดี่ยวคละกันในแปลงทดลอง อาจทำให้ค่าของผลผลิตไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง เมื่อนำพืชนั้นไปปลูกในสภาพพันธุกรรมเดี่ยว การทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์แท้ จึงควรทดสอบในสภาพไร้การแข่งขันระหว่างสายพันธุ์ Tollenaar (1992) ได้ทำการทดลองปลูกข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว 4 พันธุ์ ที่ระดับความหนาแน่น 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 18 และ 25 ต้น/$ม^2$ เป็นช่วงของสภาพตั้งแต่ไร้การแข่งขันจนถึงการแข่งขันอย่างรุนแรง ลำดับผลผลิตของข้าวโพดแต่ละพันธุ์ไม่เปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่น แต่ผลผลิตที่สภาพไร้การแข่งขันต่างกันมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า การคัดพืชใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สภาพไร้การแข่งขันจะทำให้แยกพืชแต่ละสายพันธุ์ได้อย่างชัดเจนที่สุด นอกจากนี้ ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในทางบวกของพืชที่ปลูกในสภาพไร้การแข่งขัน กับการปลูกอย่างหนาแน่นในสภาพพันธุกรรมเดี่ยว

การคัดเลือกแบบรวงผึ้ง (honeycomb selection designs)

Fasoula and Fasoula (1995) คัดเลือกพืชในผังรวงผึ้ง (honeycomb selection designs) เพื่อแก้ปัญหาความแปรปรวนของพื้นที่ทดลอง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การคัดเลือกขาดประสิทธิภาพ การคัดเลือกในผังรวงผึ้งมีประสิทธิภาพในการแยกแยะสายพันธุ์ที่ดีเด่นออกมาจากประชากรที่มีความหลากหลายของสายพันธุ์ และเนื่องจาก ผังรวงผึ้งช่วยให้มีการสุ่มตัวอย่างของความแตกต่างของพื้นที่ปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ค่าความแปรปรวน (CV, coefficient of variation) ของแต่ละหน่วยทดลอง จึงสามารถนำมาใช้แสดงค่าเสถียรของพันธุ์ได้อย่างมั่นใจแทนที่จะค้นหาแผนการทดลองเพื่อเข้าไปแก้ไขความแตกต่างของสภาพแวดล้อม ดังที่ปฏิบัติกันอยู่ นักปรับปรุงพันธุ์ควรจะเลือกแผนการทดลองที่ใช้ความแปรปรวนของพื้นที่ปลูกให้เป็นประโยชน์เพื่อการวิเคราะห์หาค่าเสถียรของพันธุ์ ตั้งแต่การคัดเลือกในชั่วแรก ๆ ทั้งนี้ ผังรวงผึ้งมีคุณสมบัติดังกล่าวอย่างครบถ้วน (กฤษฎา, 2546) ผลจากงานทดลองของ Batzios (1993) ซึ่งใช้ฝ้ายจากคู่ผสมเดียวกันเพียง 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 สายพันธุ์จากวิธีจดประวัติในผังรวงผึ้ง มาจาก F_2 8 ต้น แสดงถึงประสิทธิภาพของผังรวงผึ้งที่สามารถแยกต้นที่ดีได้ตั้งแต่ชั่ว F_2 หรือ F_3 Gill *et al*. (1995) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีจดประวัติในผังรวงผึ้ง (honeycomb pedigree) กับวิธีจดประวัติตามปกติ วิธีเก็บ 1 เมล็ดต่อต้น และวิธีเก็บรวมโดยใช้ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L.) 3 คู่ผสม เป็นพืชทดลอง ทำการทดสอบผลผลิตของพืชชั่ว F_5 และ F_6 จากแต่ละวิธี ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ วิธีจดประวัติในผังรวงผึ้งให้ประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่วิธีการอื่น ๆ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

ธนพงษ์ (2546) ศึกษาสายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดไร่ จำนวน 49 สายพันธุ์ ทำการคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดทั้งหมดโดยใช้ผังรวงผึ้งแบบแยกกลุ่ม R-49 และใช้วิธีคัดเลือก 3 วิธี คือ วิธีที่ 1 คัดเลือกด้วยสายตา คัดเลือก 1 ต้น จาก 19 ต้น ภายในแถวเดียวกัน โดยดูลักษณะทางพืชไร่ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำคัญเป็นเกณฑ์ ในการคัดเลือกวิธีที่ 2 คัดเลือกโดยวิธีวงกลมเคลื่อนที่ ที่ระดับความเข้มข้น 5.3 เปอร์เซ็นต์ และวิธีที่ 3 คัดเลือกโดยใช้ดัชนีการคาดคะเน (prediction criterion) ผลการทดลองพบว่า การคัดเลือกทั้ง 3 วิธี ให้สายพันธุ์อินเบรดที่มาจากสายพันธุ์เริ่มต้นแตกต่างกัน 40-50 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกัน ถ้าพิจารณาจาก 10 สายพันธุ์อินเบรดที่ผ่านการคัดเลือกจากแต่ละวิธีการ ไม่ว่าจะเปรียบเทียบระหว่างวิธีการใดใน 3 วิธีการ ความแตกต่างของสายพันธุ์อินเบรดที่มาจากสายพันธุ์เริ่มต้นก็อยู่ที่ 40-50 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน จึงสรุปได้ว่าแต่ละวิธีคัดเลือกให้ผลการคัดเลือกที่แตกต่างกัน 40-50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม วิธีคัดเลือกโดยใช้วงกลมเคลื่อนที่ให้สายพันธุ์อินเบรดที่มาจากสายพันธุ์เริ่มต้นที่มีความหลากหลายสูงสุด แสดงถึงประสิทธิภาพในการคัดเลือกสายพันธุ์ตั้งแต่ชั่วแรก ๆ

ปฏิสัมพันธ์ของยีนกับการปรับปรุงพันธุ์

เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์ จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับตัวแปรจำนวนมาก ตั้งแต่เชื้อพันธุกรรมที่หลากหลาย และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ปัญหาในด้านพันธุกรรมของการปรับปรุงพันธุ์ จึงขึ้นอยู่กับว่า จะหาสมดุลระหว่างยีนบวกสะสมกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนที่ดีที่สุดและสภาพแวดล้อมที่กำหนดอย่างไร เพื่อให้การใช้เชื้อพันธุกรรมแต่ละกลุ่มเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว จึงมีการเสนอแนะให้ใช้วิธีผสมตัวเองผสมผสานกับการทดสอบสมรรถนะการผสมในการคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรด เพื่อใช้สร้างลูกผสม

Perterson (1992) และ Mangeldorf (1952) รายงานว่า ผลบวกสะสมของยีนข่มในระดับต่างๆ เป็นปัจจัยหลักในความเหนือระดับของลูกผสม แต่ไม่อาจปฏิเสธปฏิสัมพันธ์ของยีนในระดับต่าง ๆ ที่ยังคงมีผลต่อความเหนือระดับของลูกผสมไม่มากก็น้อย ขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุ์ที่นำมาใช้ หากไม่สามารถนำยีน (allele) ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของยีนแต่ละชุด (allelic series) เข้ามาอยู่ร่วมกันในสภาพของ homozygote ได้ก็จะยังมีการแสดงออกในแบบมีปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ ของยีนระหว่างชุด (epistasis) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับพัฒนาการของแต่ละเชื้อพันธุกรรม ในระดับพัฒนาการสูงสุด คือ สามารถนำเอายีนที่ดีที่สุดของยีนแต่ละชุดในแต่ละสภาพแวดล้อมเข้ามาอยู่ร่วมกัน ย่อมจะทำให้ลักษณะนั้น ๆ แสดงออกได้สูงสุด เนื่องจากยีนทำหน้าที่รับช่วงซึ่งกันและกันอย่างต่อเนื่องในลักษณะของผลบวกสะสม (additive effect) ได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การแสดงออกได้สูงสุดของแต่ละลักษณะ ไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการเสมอไป Jenkins (1940) เสนอแนะว่า การสกัดสายพันธุ์อินเบรดเพื่อให้ได้สายพันธุ์อินเบรดที่ดีนั้น ควรผสมตัวเองสลับกับการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั่วแรก ๆ ก่อนนำกลับมาผสมกันใหม่ เพื่อช่วยเพิ่มความถี่ของยีนที่ดี และเพิ่มโอกาสการจัดกลุ่มใหม่ของยีนที่ดีภายในประชากร และเชื่อว่าลูกผสมที่ดีมาจากผลบวกสะสมของยีนข่ม (dominance hypothesis) จึงเสนอให้ใช้ประชากรฐานกว้างเป็นสายพันธุ์ทดสอบซึ่งขัดแย้งกับความคิดของ Hull (1945) ที่เชื่อในสมมติฐานยีนข่มเกิน จึงเสนอให้ใช้สายพันธุ์อินเบรดหรือลูกผสมเดี่ยวเป็นสายพันธุ์ทดสอบ และเพื่อลดข้อแย้งในทางทฤษฎี Comstock *et al*. (1949) จึงเสนอวิธีคัดเลือกแบบวงจรสลับ โดยการปรับปรุงประชากร 2 ประชากร ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีต่อกันไปพร้อม ๆ กัน โดยใช้ประชากร A ทดสอบสมรรถนะการผสมของประชากรB และใช้ประชากร B ทดสอบสมรรถนะการผสมของประชากร A เรียกว่า การคัดเลือกแบบวงจรสลับ เป็นการคัดเลือกเพื่อเพิ่มความถี่ของยีนทั้งสองระบบ ในทั้ง 2 ประชากรไปพร้อม ๆ กันก่อนนำมาสกัดสายพันธุ์อินเบรดจากแต่ละประชากรและสร้างพันธุ์ลูกผสมที่ดี ในขณะเดียวกัน Sprague and Tatum (1942) ได้เสนอวิธีวัดค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability) เป็นการวัดยีนบวกสะสม (additive effect) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability) เป็นการวัดยีนที่มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (non-additive effect) ของสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ จากผลการทดลองต่อเนื่อง Sprague and Russell (1956) แสดงให้เห็นว่า ความก้าวหน้าในการคัดเลือกส่วนมากมาจากการสะสมยีนข่ม ลักษณะข่มเกินที่พอจะพบเห็นได้เป็นผลเนื่องมาจากมียีนที่มีระดับการข่มต่ำ (ยีนด้อยประสิทธิภาพ) อยู่ในตำแหน่งที่สลับกัน ทำให้การแสดงออกเป็นลักษณะของการเสริมกัน (unlinked epistasis) หรือเนื่องจากการยึดเกาะกันในลักษณะแฝง-ข่ม (linked epistasis) นอกจากนี้ Gardner and Lonnquis (1959) ยังแสดงให้เห็นว่า ลักษณะข่มเกินที่พบในลูกผสม มาจากการยึดเกาะกันของยีนในแบบ แฝง-ข่ม และได้รับการยืนยันจากการทดลองในทำนองเดียวกันของ Moll *et al*. (1965) และให้ความเห็นว่า การสร้างลูกผสมที่มาจากเชื้อพันธุกรรมคนละแหล่ง ทำให้มีโอกาสสูงมากที่ลูกผสมจะแสดงลักษณะข่มเกินเทียม ดังนั้น การคัดเลือกสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิตสูง ควบคู่ไปกับการทดสอบสมรรถนะการผสมโดยตรงกับสายพันธุ์อินเบรดที่จะใช้เข้าคู่ผสม น่าจะเป็นวิธีการที่ตรงไปตรงมา ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด Carangal *et al*. (1971) พบว่าการคัดเลือกแบบ S_1 และการใช้สายพันธุ์ทดสอบ สามารถเพิ่มสมรรถนะการผสมของประชากรได้ใกล้เคียงกัน Burton *et al*. (1971) เปรียบเทียบวิธีคัดเลือกแบบ S_1 และการคัดเลือกแบบ half-sib โดยการผสม S_0 กับสายพันธุ์ทดสอบลูกผสมคู่ หลังการคัดเลือก 4 รอบ การคัดเลือกแบบ S_1 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 10.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วิธีคัดเลือกแบบ half-sib ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 5.7 เปอร์เซ็นต์

Russel (1993) ทำการปรับปรุงประชากรผสมเปิด (Alph) และประชากรจากลูกผสมเดี่ยว (WF9 x B7) โดยใช้อินเบรด B14 เป็นสายพันธุ์ทดสอบของทั้งสองประชากร ทำการปรับปรุง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประชากรทั้งสองเป็นเวลา 5 รอบคัดเลือก ถ้าหากปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนของแต่ละประชากรกับสายพันธุ์ทดสอบมีความสำคัญต่อผลผลิตลักษณะทางพันธุกรรมของประชากรทั้งสองควรจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน และต่างก็มียีนที่เข้าคู่ได้ดีกับสายพันธุ์ทดสอบ แต่ประชากรทั้งสองไม่น่าจะมีสมรรถนะการผสมที่ดีซึ่งกันและกัน เพราะมียีนในกลุ่มที่คล้ายคลึงกัน แต่ในการทดลองผลปรากฏว่า ประชากรทั้งคู่ต่างก็มีผลผลิตที่ดีขึ้นจากการคัดเลือก โดยใช้สายพันธุ์ทดสอบเดียวกัน นอกจากนี้ ลูกผสมระหว่างประชากรในชั่วหลัง ๆ ยังให้ผลผลิตสูงขึ้น มากกว่าลูกผสมระหว่างประชากรเริ่มต้น นอกจากนี้ ประชากรทั้งสองยังสามารถให้สมรรถนะการผสมที่ดีกับสายพันธุ์อินเบรดอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายีนบวกสะสมมีส่วนสำคัญต่อผลผลิตของลูกผสมมากกว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีน ดังนั้น การรวมประชากรทั้งสองเข้าด้วยกัน และปรับปรุงประชากรเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยไม่จำเป็นต้องใช้การทดสอบสมรรถนะการผสม น่าจะเป็นวิธีที่ประหยัดกว่า และให้อินเบรดใหม่ ๆ ที่ดีกว่า

จากการศึกษากลุ่มของยีนที่ยึดติดกันและมีผลกระทบต่อผลผลิต (quantitative trait loci, QTL) Stuber *et al*. (1992) พบว่าในข้าวโพดอย่างน้อยมียีน QTL อยู่ 1 กลุ่ม ที่มีผลต่อผลผลิตบนแต่ละโครโมโซม ยีนบางกลุ่มมีผลอย่างมากต่อผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ ยีนเหล่านี้บางกลุ่มเป็นการยึดติดกันระหว่างยีนข่มและยีนแฝง (repulsion phase) เมื่อผสมข้ามทำให้เกิดลักษณะข่มเกินเทียม การคัดพันธุ์โดยการทดสอบสมรรถนะการผสม จึงเป็นการอนุรักษ์กลุ่มยีนดังกล่าว ในทางตรงกันข้ามการคัดพันธุ์โดยใช้ผลผลิตของสายพันธุ์เป็นเกณฑ์โดยตรง ทำให้มีโอกาสได้กลุ่มของยีนที่ติดกันในลักษณะ ยีนข่ม-ยีนข่ม (coupling phase) เมื่อเกิดการจัดกลุ่มใหม่ของยีน (crossing over) เกิดขึ้นทำให้มีโอกาสได้อินเบรดที่แข็งแรงและมีผลผลิตที่ดีขึ้น

แนวคิดเกี่ยวกับสายพันธุ์ผสมรวม

จากเหตุผลที่ว่า การสกัดสายพันธุ์อินเบรดโดยการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องเพื่อสกัดสายพันธุ์แท้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป ทำให้เกิดการถดถอยทางพันธุกรรม 50 เปอร์เซ็นต์ต่อการผสมตัวเองแต่ละครั้ง เป็นเหตุให้สายพันธุ์ที่ได้รับ มีความอ่อนแอสูง มีผลผลิตต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสายพันธุ์พ่อแม่มียีนแฝงที่ทำให้เกิดการเสื่อมถอยทางพันธุกรรมอยู่สูง สายพันธุ์อินเบรดดังกล่าวส่วนมากจึงไม่เหมาะกับการเอามาใช้สร้างลูกผสมซึ่งในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นลูกผสมเดี่ยว ที่ต้องการสายพันธุ์ อินเบรดที่มีผลผลิตและความแข็งแรงสูง เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์มีความคุ้มค่าในเชิงการค้า ดังนั้น การใช้สายพันธุ์อินเบรดฐานกว้างที่มีผลผลิตสูง มีความสม่ำเสมอในเกณฑ์ที่ดี จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสม (กฤษฎา, 2550) แนวคิดดังกล่าวมาจาก ข้อเสนอแนะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของ Kinman (1952) ซึ่งเสนอให้ใช้สายพันธุ์ผสมรวม (composite - sibbed line) หรือที่ Stringfield (1974) เรียกว่า อินเบรดฐานกว้าง (broad line) ซึ่งมาจากการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ S_1 หรือ S_2 หรือระหว่างสายพันธุ์พี่น้องที่มีลักษณะใกล้เคียงกันเพียง 2-3 สายพันธุ์ ทั้งนี้ด้วยเหตุผลทางด้านพันธุกรรมที่ว่า การผสมข้ามอย่างอิสระภายในสายพันธุ์ที่ยังมีคงมีการกระจายตัว จะทำให้สายพันธุ์เข้าสู่สมดุลทางพันธุกรรมภายใน 1 ชั่ว ตาม Hardy-Weinberg equilibrium และเมื่อผสมผสานเข้ากับการคัดเลือกสายพันธุ์ในแต่ละชั่วหลังการผสมพันธุ์ เพื่อใช้เป็นพ่อแม่ในชั่วต่อไป ประชากรของอินเบรดจะเข้าสู่สมดุลทางพันธุกรรมอย่างรวดเร็ว ในแต่ละครั้งของการผสมอย่างอิสระภายในประชากร พร้อม ๆ กับความสม่ำเสมอของประชากรที่ดีขึ้น ในขณะที่ยังคงรักษาระดับของผลผลิตของแต่ละชั่วมิให้เสื่อมถอยลงไป

การผสมข้ามภายในสายพันธุ์ที่มาจาก S_1 ต้นเดียวกันจะช่วยรักษาระดับผลผลิตของ S_1 เอาไว้ (Kinman, 1952) โดยเริ่มต้นจากการปลูกสายพันธุ์ S_1 ฝักละ 2 แถว และใช้ละอองเกสรจากแถวที่ 1 ผสมไปหาฝักแถวที่ 2 และกลับกัน เมล็ดที่ได้เรียกว่า เมล็ดผสมรวมภายในสายพันธุ์ หรือสายพันธุ์ผสมรวม หรืออินเบรดฐานกว้าง คัดเลือกเก็บฝักแยกแถวและนำไปปลูกแยกเป็น 2 แถว เช่นเดิม เพื่อการคัดเลือกในรอบต่อไป และเพื่อพิสูจน์ผลดีของแนวคิดดังกล่าว จึงทำการผสมตัวเองของพืชในแถวแรก พร้อม ๆ กับผสมข้ามไปหาพืชในแถวที่สอง เก็บฝักแยกแถวหลังจากผสมและคัดเลือกไปสามชั่ว ได้สายพันธุ์ผสมรวมชั่วที่ 3 (C#3) และ S_4 นำสายพันธุ์ทั้งสองกลุ่มเข้าผสมทดสอบ (test cross) กับสายพันธุ์ทดสอบลูกผสมเดี่ยว

ผลการทดสอบผลผลิตปรากฏว่า น้ำหนักฝักของสายพันธุ์ผสมรวมชั่วที่ 3 (C#3) เท่ากับ 182.8 กรัม/ฝัก ในขณะที่ S_4 มีน้ำหนักต่อฝักเพียง 99.0 กรัม/ฝัก นอกจากนี้ ความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ C#3 ยังใกล้เคียงหรือดีกว่าสายพันธุ์ S_4 ที่มาจาก S_1 ต้นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสายพันธุ์ S_4 มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมสูงกว่าสายพันธุ์ C#3 เป็นเหตุให้มีความแปรปรวนภายในประชากรสูง เมื่อนำสายพันธุ์ S_1, S_3 และ C#2 ผสมกับสายพันธุ์ทดสอบลูกผสมเดี่ยว ค่าเฉลี่ยของลูกผสมทดสอบจากสายพันธุ์ทั้งสามกลุ่มตลอดจนสายพันธุ์ทดสอบ มีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามคาด เนื่องจากค่าสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ ส่วนมากเป็นผลมาจากผลบวกสะสมของยีนข่ม จึงมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้น สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ผสมตัวเองและสายพันธุ์ผสมรวมที่คัดมาเพียงไม่กี่ต้นต่อสายพันธุ์ในแต่ละชั่ว จึงมีโอกาสสูงที่จะอยู่ที่ค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการผสมของประชากรเริ่มต้น แต่ข้อได้เปรียบของสายพันธุ์ผสมรวม คือ สามารถนำมาผลิตคู่ผสมที่ดีได้ในเวลาอันรวดเร็ว เมื่อเทียบกับการค้นหาสายพันธุ์แท้ที่ดี ซึ่งจะต้องผสมตัวเองติดต่อกันอย่างน้อย ๆ 6 ชั่ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kunwar and Samphantharak (2003) สร้างสายพันธุ์ผสมรวมโดยใช้หลักการปรับปรุงประชากรโดยวิธีคัดเลือกแบบ S_1 ประยุกต์ เริ่มต้นจากคู่ผสมเดี่ยว 5 คู่ผสมทำการผสมตัวเองได้ S_1 คัดเลือก S_1 5 ต้น จากแต่ละคู่ผสมเริ่มต้น ผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละคู่ผสมทดสอบผลผลิตคู่ผสมเดี่ยว (F_1) ที่เกิดขึ้นใหม่พร้อมกับผสมตัวเอง และคัดเลือก S_1 5 ต้น จากแต่ละคู่ผสมเพื่อคัดเลือกในรอบต่อไปได้สายพันธุ์ผสมรวมทั้งหมด 5 สายพันธุ์ จากแต่ละคู่ผสมเดี่ยวเริ่มต้นผสมแบบพบกันหมดในระหว่างกลุ่ม (interset) ที่มาจากคู่ผสมเริ่มต้นต่างกัน และภายในกลุ่มเดียวกัน (intraset) ที่มาจากคู่ผสมเริ่มต้นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยลูกผสมทั้งสองแบบเมื่อเปรียบเทียบกับลูกผสมเดี่ยวเริ่มต้นให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่มีลูกผสมภายในกลุ่มระหว่างสายพันธุ์อินเบรด S_4 x สายพันธุ์ผสมรวม 1 คู่ผสม ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ

กฤษฎา (2548) ได้เสนอแนวคิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการ โดยแยกสายพันธุ์ S_1 จากประชากรเริ่มต้น (ควรเป็นลูกผสมเดี่ยวที่ดี) ออกเป็นชุด ชุดละ 3 ฝัก จะแยกออกเป็นกี่ชุดขึ้นอยู่กับขีดความสามารถในการดำเนินการ สมมติว่าแยกออกเป็น 5 ชุด ก็จะใช้ S_1 จำนวน 15 ฝัก ปลูก S_1 ในสภาพไร้การแข่งขัน ในแบบฝักต่อแถว เลือกฝักที่ดีที่สุดในแต่ละแถว ได้ F_1 3 ฝักต่อชุด นำไปปลูกแบบฝักต่อแถวและผสมแบบพบกันหมดภายในชุด ในสภาพปลูกปกติ (0.75x0.25 ม.) พร้อมทั้งผสมตัวเอง เลือกฝัก S_1 แถวละฝัก 3 ฝักต่อชุด นำเข้าปลูกในสภาพไร้การแข่งขัน และผสมแบบพบกันหมด เพื่อเริ่มการคัดเลือกในรอบต่อไป เป็นการผสมแบบก้าวหน้าระหว่าง 3 สายพันธุ์พี่น้อง S_1(progressive three sister line cross) โดยมีการคัดเลือกผลผลิตจาก S_1 สลับกับการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ (คัดเลือก F_1) จนกว่าพืชในแต่ละชุดมีความสม่ำเสมอเป็นที่น่าพอใจ และนำไปใช้เป็นสายพันธุ์ผสมรวม

การปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวม

การผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องเพื่อสกัดสายพันธุ์แท้ ทำให้เกิดการถดถอยทางพันธุกรรม 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อการผสมตัวเองแต่ละครั้ง สายพันธุ์ที่ได้จะมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้น ในทางทฤษฎีค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์อินเบรดที่สกัดได้จากประชากรเดียวกัน จะมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่เริ่มต้น ในทางปฏิบัติส่วนมากจะคัดสายพันธุ์อินเบรดเพียงไม่กี่สายพันธุ์ในแต่ละชั่วของการผสมตัวเอง ดังนั้น จึงมีโอกาสสูงมากที่สายพันธุ์อินเบรดในช่วงสุดท้าย จะมีผลผลิตเฉลี่ยของทุกสายพันธุ์อยู่ที่ประมาณค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ โอกาสที่จะได้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตเหนือพ่อแม่มีอยู่ไม่มากนัก การใช้สายพันธุ์ผสมรวมเพื่อการผลิตลูกผสม จึงถูกนำเสนอมาเพื่อเป็นทางเลือก (กฤษฎา, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Phuong and Samphantharak (2006) พัฒนาลูกผสมชั่วแรก ๆ ของข้าวโพดไร่โดยใช้สายพันธุ์ผสมรวม เริ่มจากการนำลูกผสมเดี่ยวทางการค้า 6 พันธุ์ มาพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวม โดยวิธี alternate S_1-full sib selection ผลผลิตของลูกผสมภายในกลุ่มของสายพันธุ์ผสมรวม หรือภายในกลุ่มของสายพันธุ์อินเบรดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ ผลผลิตจากการผสมแบบพบกันหมดของสายพันธุ์จากทั้งสองกลุ่มให้ผลที่คล้ายกัน อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ผสมรวมให้ผลผลิต วันออกดอก และความสูงที่ดีกว่าสายพันธุ์ S_3 ดังนั้น การคัดเลือกโดยวิธี alternate S_1-full sib selection จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวม เพื่อสร้างลูกผสมชั่วแรก ๆ

นฤมล (2548) ทำการปรับปรุงสายพันธุ์ผสมรวม โดยวิธีคัดเลือกแบบวงจรประยุกต์ (modified full sib selection) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า คู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ผสมรวมให้ลักษณะทรงต้นและมีคุณภาพฝักสดที่ดี โดยลูกผสมจากสายพันธุ์ผสมรวมที่ดีทั้งหมดได้มาจากสายพันธุ์ผสมรวมที่มีฐานทางพันธุกรรมใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีพ่อหรือแม่ร่วมกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคู่ผสมที่ดีมักมาจากพันธุกรรมในวงที่จำกัดมากกว่าจากความหลากหลายทางพันธุกรรมของพ่อแม่ นอกจากนี้ ลูกผสมย้อนกลับ (recycled hybrid) หรือการผสมระหว่างสายพันธุ์ภายในครอบครัวเดียวกันบางคู่ผสม ยังมีลักษณะทรงต้นและลักษณะคุณภาพดีกว่าคู่ผสมของพ่อแม่เดิม ดังนั้น การสร้างลูกผสมย้อนกลับ น่าจะเป็นประโยชน์สำหรับปรับปรุงพันธุ์คู่ผสมที่ดีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้น

ชฎามาศ (2550) พัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมโดยนำลักษณะที่ดีของข้าวโพดหวานและข้าวโพดข้าวเหนียวมาผสมผสานกันโดยการผสมข้ามในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อถ่ายยีนเปลือกบางและคุณภาพในการรับประทานจากข้าวโพดข้าวเหนียวสู่ข้าวโพดหวาน โดยการผสมกลับ และผสมตัวเองจนถึง BC_1 S_4 หลังจากนั้น นำสายพันธุ์แต่ละชุดมาสกัดสายพันธุ์ต่อโดยวิธี 1) selfed bulk within family line 2) mass sibbing within line 3) topcross within line 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 และไม่มี สายพันธุ์อินเบรดจากวิธี topcross within line ใน 10 อันดับแรก แสดงว่าวิธี recurrent sibbed line และ mass sibbing within line มีประสิทธิภาพในการให้สายพันธุ์อินเบรดที่มีผลผลิตเหนือกว่า อีก 2 วิธี จากการผสมทดสอบสายพันธุ์ทั้งหมดกับสายพันธุ์ผสมรวม 309 ได้ 53 คู่ผสม และคัดเลือก 2 สายพันธุ์ จากแต่ละวิธีด้วยสายตา โดยพิจารณาลักษณะเกษตรที่ดีนำมาผสมแบบพบกันหมดได้ 28 คู่ผสม ปรากฏว่า ผลผลิตฝักสดสูงสุดของคู่ผสม 10 อันดับแรกของทั้งสองวิธีทดสอบ ส่วนใหญ่ได้มาจากสายพันธุ์ mass sibbing within line และ recurrent sibbed line นอกจากนี้ยังให้ลักษณะความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด และความหวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

15 องศาบริกซ์ เท่ากับพันธุ์เปรียบเทียบ แต่มีความยาวของฝักที่เหนือกว่า ความลึกของเมล็ดโดยทั่วไปใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบจำนวนแถวเมล็ดในฝัก 14 แถว ไม่แตกต่างกับพันธุ์เปรียบเทียบ ปลายฝักเปลือย (blank tip) อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ มีความสม่ำเสมอในเกณฑ์ที่ดี อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความหวานจากคะแนนการกัดชิมเป็นเกณฑ์ สายพันธุ์อินเบรดที่มาจากการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องและจากวิธี topcross within line ให้คู่ผสมทดสอบที่ได้รับคะแนนสูงสุด แสดงว่าผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับคุณภาพในการกัดชิมของคู่ผสม ปริมาณองศาบริกซ์ไม่มีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพการกัดชิม ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์จึงควรพิจารณาที่คุณภาพการกัดชิมร่วมกับผลผลิตของสายพันธุ์แทนที่จะพิจารณาไปที่ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

อัมราวรรณ (2551) ได้ศึกษาศักยภาพของวิธีการต่าง ๆ 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) 4) recurrent sibbed line (RSL) ทำให้มีสายพันธุ์ทั้งหมดรวมกัน 60 สายพันธุ์ หลังจากผสมทดสอบกับสายพันธุ์ทดสอบ Agwx 20 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 WSFL 25 ซึ่งมีผลผลิตต่ำ และ WRSL 22 ซึ่งมีผลผลิตสูง ค่อนข้างโดดเด่นในการให้ลูกผสมที่ดี เนื่องจากลูกผสม 8 ใน 10 อันดับแรกมีสายพันธุ์ดังกล่าวร่วมอยู่ด้วยอย่างละ 4 คู่ผสม ผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดไม่ใช่ดัชนีบ่งชี้ถึงสมรรถนะการผสมที่ดีของสายพันธุ์เสมอไป แต่ผลผลิตที่สูงของสายพันธุ์อินเบรดมาจากผลบวกสะสมของยีนข่มและมีความจำเป็นต่อการผลิตลูกผสม จึงเป็นเหตุผลที่ดีที่จะเลือกโดยใช้ผลผลิตเป็นเกณฑ์ในชั่วแรก ๆ เพื่อค้นหาสายพันธุ์อินเบรดที่ให้ผลผลิต ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ รับได้ ก่อนการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ ลักษณะทางคุณภาพของข้าวโพดข้าวเหนียวโดยปกติควบคุมด้วยยีนแฝง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้วิธี RSL โดดเด่นอย่างชัดเจนทั้งในทางทฤษฎีและจากผลการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทดลอง เนื่องจากเป็นวิธีคัดเลือกที่มีการผสมตัวเอง เพื่อสะสมยีนผลบวกที่ดี สลับกับการผสมข้าม เพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมภายในสายพันธุ์ ส่งผลให้ได้สายพันธุ์ผสมรวมที่ให้ผลผลิตสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

เชื้อพันธุกรรมตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ ได้มาจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ซึ่งประกอบด้วย

1. ลูกผสม F_1 ที่มีเชื้อพันธุกรรมจากข้าวโพดหวานและข้าวโพดไร่ จำนวน 8 คู่ผสม ดังนี้

ลูกผสม	ประวัติสายพันธุ์
1	KL/ KDSi 1
2	404-6-set 4/ KDSi 1
3	KL/bicolor
4	404-6-set 4/ bicolor
5	Composite line 309/ bicolor
6	Composite line 309/ 404-6-set 4
7	Bicolor/ KDSi 1
8	KL/ Composite line 309

หมายเหตุ

ข้าวโพดหวาน : KDSi 1, bicolor, composite line 309

2. สายพันธุ์อินเบรดข้าวโพดไร่ที่ต้านทานโรค *sugarcane mosaic virus* (SCMV) จำนวน 1 สายพันธุ์ ดังนี้

สายพันธุ์อินเบรด	ประวัติสายพันธุ์	แหล่งที่มา
Resistant line	SW06C-1-2-7 KEI 9002	ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ

3. ข้าวโพดหวานที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบคือ พันธุ์อินทรี 2 ของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสายพันธุ์ผสมรวมเปรียบเทียบ 309

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์การค้า ที่ใช้ร่วมในการทดสอบผลผลิตได้แก่ พันธุ์ Hybrix3 Hybrix39, Hybrix53, Pacs9230 ของบริษัท แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด พันธุ์ ATS 5 ของบริษัท ผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวาน จำกัด

5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น

5.1 ถุงผสมตัวผู้และตัวเมีย

5.2 ปุ๋ยและสารเคมีควบคุมวัชพืช

5.3 เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์น้ำตาล (hand refractometer)

5.4 เครื่องวัดความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

5.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก

5.6 เครื่องปลูกด้วยมือ

5.7 ป้ายกระดาษ

5.8 ตลับเมตร

5.9 ลวดสลิง

5.10 ปูนขาว

5.11 ไม้ปักแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. เชื้อพันธุกรรมที่ใช้ เริ่มจากลูกผสมข้าวโพดหวานและข้าวโพดไร่ จำนวน 8 คู่ผสม และสายพันธุ์อินเบรดต้านทานโรค *sugarcane mosaic virus* (SCMV) 1 สายพันธุ์

2. วิธีการพัฒนาสายพันธุ์ ของ 3 วิธีคัดเลือก

2.1 กลุ่ม A คัดเลือกโดยวิธี alternate S_1 ~ FS selection (S_1 ~ FS) ทำได้โดยแบ่งข้าวโพดออกเป็นชุด ชุดละ 3 ฝัก ปลูกแบบฝักต่อแถว โดยเลือกต้นที่ดีที่สุด 1 ต้นจากแถวที่ 1 นำละอองเกสรผสมข้ามไปยังต้นที่ดีที่สุด 1 ต้นในแถวที่ 2 และนำละอองเกสรจากต้นที่ดีที่สุดจากแถวที่ 2 ผสมข้ามไปยังต้นที่ดีที่สุด 1 ต้นในแถวที่ 3 และนำละอองเกสรจากต้นที่ดีที่สุดในแถวที่ 3 ผสมข้ามไปยังต้นที่ดีที่สุดในแถวที่ 1 ซึ่งเป็นการผสมแบบต้นต่อต้นจากต้นที่ดีที่สุดของแต่ละแถวภายในชุดเดียวกัน

2.2 กลุ่ม B คัดเลือกโดยวิธี alternate S_1 ~ HS selection (S_1 ~ HS) ทำได้โดย แบ่งข้าวโพดออกเป็นชุด ชุดละ 3 ฝัก ปลูกแบบฝักต่อแถว โดยเลือกต้นที่ดีที่สุด 3 ต้นจากแถวที่ 1 นำละอองเกสรจาก 3 ต้นมาคลุกรวมกัน แล้วนำไปผสมกับต้นที่ดีที่สุด 3 ต้นในแถวที่ 2 และนำละอองเกสรจากต้นที่ดีที่สุด 3 ต้นในแถวที่ 2 มาคลุกรวมกัน แล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถวที่ 3 และนำละอองเกสรจากต้นที่ดีที่สุดในแถวที่ 3 มาคลุกรวมกัน แล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถวที่ 1

2.3 กลุ่ม C คัดเลือกโดยวิธี selective mass sibbed selection (SMS) ทำได้โดย แบ่งข้าวโพดออกเป็นชุด ชุดละ 2 ฝัก ปลูกแบบฝักต่อแถว โดยเลือกต้นที่ดีที่สุด 3 ต้นจากแถว X นำละอองเกสรจาก 3 ต้นมาคลุกรวมกันแล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถว Y และนำละอองเกสร 3 ต้นจากแถว Y มาคลุกรวมกันแล้วนำไปผสมกับ 3 ต้นที่ดีที่สุดในแถว X

ฤดูปลูกที่ 1 (กรกฎาคม 2551-กันยายน 2551)

ปลูกข้าวโพดลูกผสม 8 คู่ผสม ในระยะปลูกปกติ 0.75x0.25 เมตร ยาว 5 เมตร อัตราปลูก 2-3 เมล็ดต่อหลุม ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ผสมระหว่างข้าวโพด F_1 8 คู่ผสม (double cross) และผสมข้ามกับสายพันธุ์อินเบรดต้านทานโรค SCMV 1 สายพันธุ์ (three way cross) ในช่วงเก็บเกี่ยวคัดเลือกฝักที่มีจำนวนแถว 18 แถว และความยาวฝัก 18 เซนติเมตร ได้ทั้งหมด 5 ครอบครัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฤดูปลูกที่ 2 (ธันวาคม 2551-เมษายน 2552)

นำเมล็ดจากฤดูปลูกที่ 1 ทั้ง 5 ครอบครัว คัดเอาเฉพาะเมล็ดข้าวโพดหวาน นำไปปลูกในผังรวงผึ้งไม่มีซ้ำ (non-replicated honeycomb design, NHC) ระยะปลูกระหว่างแต่ละต้น 0.866 เมตร จำนวน 25 แถวต่อครอบครัว ทำการผสมตัวเองทั้ง 5 ครอบครัว พร้อม ๆ กับคัดเลือก 2 ครอบครัว เพื่อผสมกลับไปหาสายพันธุ์ข้าวโพดหวาน ได้ S_1 5 ครอบครัว และ 2 ครอบครัวของ BC_1 รวมทั้งหมด 7 ครอบครัว ผสมตัวเองและคัดเลือกลักษณะที่ดีของแต่ละครอบครัว โดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตรและจำนวนแถว 18 แถว และความยาวฝัก 18 เซ็นติเมตร จำนวน 5 ฝักต่อครอบครัว

ฤดูปลูกที่ 3 (พฤษภาคม 2552-สิงหาคม 2552)

นำเมล็ด S_1 จากฤดูปลูกที่ 2 คัดเอาเฉพาะเมล็ดข้าวโพดหวาน นำไปปลูกในผังรวงผึ้งไม่มีซ้ำ จำนวน 100 ต้นต่อครอบครัว เพื่อให้พืชแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มที่ ในสภาพการแข่งขันต่ำ ทำการผสมข้ามภายในครอบครัวแบบ Full sib คัดเลือกลักษณะที่ดีของแต่ละครอบครัว โดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตรและจำนวนแถว 18 แถว และความยาวฝัก 18 เซ็นติเมตร จำนวน 5 ฝักต่อครอบครัว

ฤดูปลูกที่ 4 (ตุลาคม 2552-กุมภาพันธ์ 2552)

นำเมล็ดจากฤดูปลูกที่ 3 ทั้งหมด 7 ครอบครัว คัดแยกเอาเฉพาะเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษ และแบ่งการทดลองเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่ม A คัดเลือกโดยวิธี alternate S_1 ~ FS selection (S_1 ~ FS)
- กลุ่ม B คัดเลือกโดยวิธี alternate S_1 ~ HS selection (S_1 ~ HS)
- กลุ่ม C คัดเลือกโดยวิธี selective mass sibbed selection (SMS)

ในกลุ่ม A และ กลุ่ม B คัดเลือกครอบครัวที่ดีที่สุด 2 ครอบครัว โดยพิจารณาจากลักษณะทางเกษตรและจำนวนแถวเมล็ด 18 แถว และความยาวฝัก 18 เซ็นติเมตร คัดเลือกเหลือครอบครัวละ 15 ฝัก แบ่งเป็นชุด (set) ชุดละ 3 ฝัก ได้ 5 ชุดต่อครอบครัวต่อกลุ่ม รวมทั้งหมด 10 A และ 10 B ปลูกแบบฝักต่อแถวในผัง NHC ทำการผสมตัวเอง เมล็ดที่ได้เป็นเมล็ด S_1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่ม C นำเมล็ด ทั้ง 7 ครอบครัว คัดเลือกเหลือครอบครัวละ 10 ฝัก แบ่งเป็นชุด (set) ชุดละ 2 ฝัก ได้ 5 ชุด ต่อครอบครัว รวมทั้งหมด 35 ชุด เมล็ดที่ได้เป็นเมล็ด F_1

ฤดูปลูกที่ 5 (มีนาคม 2553-มิถุนายน 2553)

นำเมล็ดจากฤดูปลูกที่ 4 มาปลูกในผังรวงผึ้งไม่มีซ้ำ โดยปลูกแบบฝักต่อแถว และทำการผสมของแต่ละวิธี

ฤดูปลูกที่ 6 (กรกฎาคม 2553-ตุลาคม 2553)

กลุ่ม A และ B คัดเลือกเหลือ 3 ชุดต่อครอบครัว ส่วนกลุ่ม C คัดเลือกเหลือ 3 ครอบครัว ครอบครัวละ 3 ชุด รวมทั้งหมด 6A+6B+9C มาปลูกและทำการผสมโดยวิธี SMS เพื่อขยายเมล็ด แล้วแบ่งเมล็ดเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เพื่อพัฒนาสายพันธุ์อินเบรดของแต่ละวิธีต่อไป ส่วนที่ 2 สำหรับการทดสอบสมรรถนะการผสมและทดสอบผลผลิต

ฤดูปลูกที่ 7 (พฤศจิกายน 2553-กุมภาพันธ์ 2554)

นำเมล็ดจากฤดูที่ 6 ส่วนที่หนึ่งของ A B และ C เข้าผสมตามวิธีของแต่ละกลุ่ม S_1 ~ FS, S_1 ~ HS และ SMS ตามลำดับ และเมล็ดส่วนที่สองในกลุ่ม A และ กลุ่ม B คัดเลือก 2 ชุดต่อครอบครัว 2 ครอบครัวต่อกลุ่ม รวม 8 ชุด (4A+4B) มาปลูกและผสมแบบพบกันหมด (diallel) ได้ 28 คู่ผสม นำเมล็ดส่วนที่ 1 ของกลุ่ม C ผสมต่อไปในแบบ SMS ได้ 9C และคัดเลือกเมล็ดกลุ่มที่ 2 ให้เหลือครอบครัวละ 2 ชุด รวมทั้งหมด 6 ชุด (6C) และผสมแบบพบกันหมด (diallel) ได้ 15 คู่ผสม นอกจากนี้ ผสมระหว่าง 2 ชุด A และ 2 ชุด B กับ 6 ชุด C 2Ax6C และ 2Bx6C รวมทั้งหมด 24 คู่ผสม

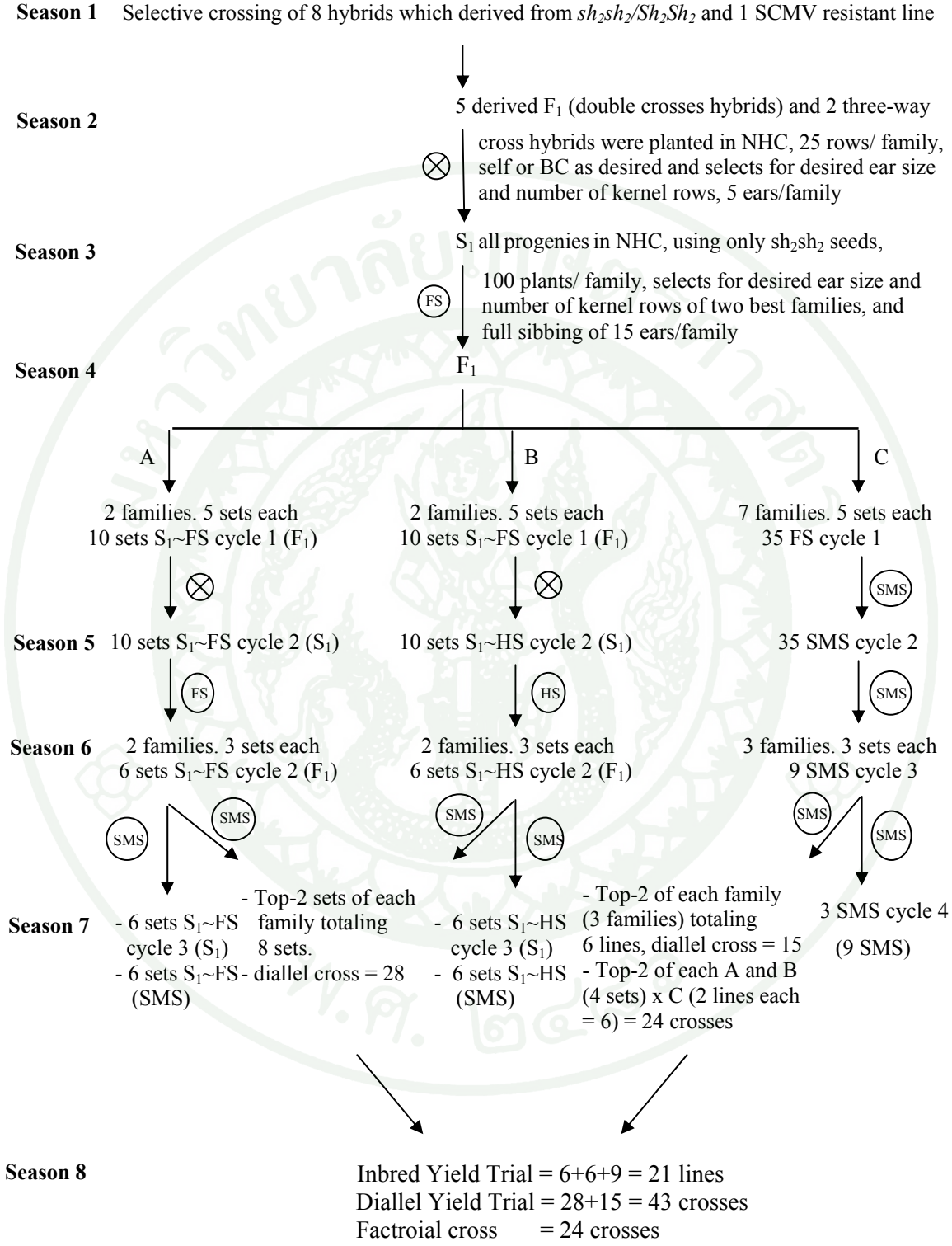
ฤดูปลูกที่ 8 (มีนาคม 2554-มิถุนายน 2554)

นำสายพันธุ์อินเบรด และลูกผสม จากฤดูปลูกที่ 7 มาปลูกทดสอบผลผลิต

- Inbred Yield Trial = 6+6+9 = 21 lines
- Diallel Yield Trial = 28+15 = 43 crosses
- Factorial cross = 24 crosses

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Super Sweet Corn Breeding Scheme



Remark : NHC = non-replication honeycomb design
FS = full sib
HS = half sib
SMS = selective mass sibbing
S_1~HS = alternate S_1 ~ half sib selection
S_1~FS = alternate S_1 ~ full sib selection

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลลักษณะต่าง ๆ จากแปลงทดสอบผลผลิตดังนี้

1. ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก ชั่งน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกหลังจากการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยของแต่ละคู่ผสม เทียบค่าเป็นกิโลกรัมต่อไร่ โดยคิดจากสูตร

$$\text{ผลผลิต(กก./ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก x 1600}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ม}^2\text{)}}$$

2. ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ชั่งน้ำหนักฝักสดที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วเทียบค่า เป็นกิโลกรัมต่อไร่ โดยคิดจากสูตร

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก x 1600}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ม}^2\text{)}}$$

3. อัตราแลกฝัก คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราแลกฝัก(\%)} = \frac{\text{ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก (กก./ไร่)}}{\text{ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (กก./ไร่)}} \times 100$$

4. ความแข็งแรงของต้นอ่อน ให้คะแนน 1- 5

โดยที่ 1 = ต้นแข็งแรงที่สุด

2 = ต้นแข็งแรงดี

3 = ต้นแข็งแรงปานกลาง

4 = ต้นอ่อนแอ

5 = ต้นอ่อนแอที่สุด

5. วันออกไหม นับจำนวนวัน จากวันให้น้ำวันแรกจนถึงวันที่จำนวนต้น 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทั้งหมดในแปลงย่อยออกไหมยาว 2-3 ซม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. วันออกดอกตัวผู้ นับจำนวนวันจากวันให้น้ำวันแรกจนถึงวันที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทั้งหมดในแปลงย่อยให้ละอองเกสรครึ่งหนึ่งของช่อดอก

7. โรคทางใบ ต้นที่เป็นโรคทางใบ ให้คะแนนเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 70-80 วัน หรือตอนไหมแห้ง และ/หรือช่อดอกตัวผู้แห้ง โรคที่ตรวจสอบได้แก่ โรคใบไม้ โรคราสนิม และโรคราน้ำค้าง ให้คะแนนการเป็นโรค 1-5 โดยที่

1 = เป็นโรคน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์
2 = เป็นโรค 5-10 เปอร์เซ็นต์
3 = เป็นโรค 10-20 เปอร์เซ็นต์
4 = เป็นโรค 30-50 เปอร์เซ็นต์
5 = เป็นโรคมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

8. จำนวนต้น นับจำนวนต้นครั้งแรกเมื่อถอนแยก โดยถอนแยกให้เหลือ 21 ต้นต่อแถวยาว 5 เมตร และนับอีกครั้งที่ระยะเก็บเกี่ยวต่อแปลงย่อย

9. จำนวนฝัก นับจำนวนฝักในแต่ละแปลงย่อยที่ระยะเก็บเกี่ยว

10. ความสูงต้น วัดจากพื้นดินถึงใบธง (บนสุดของลำต้น) วัดเมื่อดอกตัวผู้แห้ง เป็นเซนติเมตร จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

11. ความสูงฝัก วัดจากพื้นดินถึงข้อของฝักบนสุด วัดพร้อมกับความสูงต้น เป็นเซนติเมตร จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

12. ลักษณะต้น บันทึกถึงความสม่ำเสมอของทรงต้นต่อแถว ลำต้นตั้งตรง ความสูงของต้นและฝักการต้านทานต่อโรคและแมลง ให้คะแนน 1-5 โดยที่

1 = ทรงต้นสม่ำเสมอดีมาก ลำต้นตั้งตรง ต้านทานต่อโรคและแมลงดีมาก ฝักไม่แนบชิดกับลำต้น ตำแหน่งฝักสม่ำเสมอและง่ายในการเก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2 = ทรงต้นสม่ำเสมอดี ลำต้นตั้งตรง ต้านทานต่อโรคและแมลงดี ฝักไม่แนบชิดกับลำต้นตำแหน่งฝักสม่ำเสมอและง่ายในการเก็บเกี่ยว

3 = ทรงต้นสม่ำเสมอปานกลาง ลำต้นตั้งตรง ต้านทานต่อโรคและแมลงปานกลาง ฝักไม่แนบชิดกับลำต้น ตำแหน่งฝักค่อนข้างสม่ำเสมอ

4 = ทรงต้นสม่ำเสมอน้อย ลำต้นตั้งตรง ต้านทานต่อโรคและแมลงน้อย ฝักแนบชิดกับลำต้น ตำแหน่งฝักสูงและไม่สม่ำเสมอ

5 = ทรงต้นไม่สม่ำเสมอ ลำต้นไม่ตั้งตรง ต้านทานต่อโรคและแมลงน้อยมาก ฝักแนบชิดกับลำต้น ตำแหน่งฝักสูงและไม่สม่ำเสมอ

13. ลักษณะฝักสดปอกเปลือก โดยพิจารณารูปทรงฝัก ขนาดฝัก การติดเมล็ด สีของเมล็ด จำนวนแถวของเมล็ด และการมีแมลงเข้าทำลายฝัก ให้คะแนน 1-5 โดยที่

1 = ฝักรูปทรงกระบอก ขนาดฝักสม่ำเสมอดีมาก ความยาวฝักมากกว่า 20 เซนติเมตร ความกว้างฝักมากกว่า 4.5 เซนติเมตร เมล็ดติดเต็มปลายฝัก สีเหลืองอ่อนสม่ำเสมอ จำนวนแถวมากกว่า 16 แถว เมล็ดเรียงเป็นแถวตรงตั้งแต่ปลายฝักจนถึงโคนฝัก และส่วนปลายฝักไม่มีแมลงเข้าทำลาย

2 = ฝักรูปทรงกระบอก ขนาดฝักสม่ำเสมอดี ความยาวฝัก 19 - 20 เซนติเมตร ความกว้างฝัก 4.3 - 4.5 เซนติเมตร ส่วนที่ไม่ติดเมล็ดอยู่ระหว่าง 0.5-1 เซนติเมตร เมล็ดสีเหลืองอ่อนสม่ำเสมอ จำนวนแถว 14 - 16 แถว เมล็ดเรียงเป็นแถวตรงตั้งแต่ปลายฝักจนถึงโคนฝัก และส่วนปลายฝักไม่มีแมลงเข้าทำลาย

3 = ฝักรูปทรงกระบอก ขนาดฝักค่อนข้างสม่ำเสมอ ความยาวฝัก 16 - 18 เซนติเมตร ความกว้างฝัก 4.0 - 4.2 เซนติเมตร ส่วนที่ไม่ติดเมล็ดอยู่ระหว่าง 1 - 2 เซนติเมตร เมล็ดสีเหลืองอ่อนสม่ำเสมอ จำนวนแถว 14 แถว เมล็ดเรียงเป็นแถวตรงตั้งแต่ปลายฝักจนถึงโคนฝัก และส่วนปลายฝักมีแมลงเข้าทำลายเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4 = ฝักรูปทรงกระบอก ขนาดฝักสม่ำเสมอน้อย ความยาวฝัก 15-17 เซนติเมตร ความกว้างฝักน้อยกว่า 4.0 เซนติเมตร ส่วนที่ไม่ติดเมล็ดมากกว่า 2 เซนติเมตร เมล็ดสีเหลือง จำนวนแถวน้อยกว่า 14 แถว เมล็ดเรียงเป็นแถวตรง แต่แถวห่าง และส่วนปลายฝักมีแมลงเข้าทำลายมาก

5 = ฝักเป็นรูปกรวย ขนาดฝักไม่สม่ำเสมอ ความยาวฝักน้อยกว่า 15 เซนติเมตร ความกว้างฝักน้อยกว่า 4.0 เซนติเมตร ส่วนที่ไม่ติดเมล็ดมากกว่า 2 เซนติเมตร เมล็ดสีเหลือง จำนวนแถวน้อยกว่า 14 แถว เมล็ดไม่เรียงเป็นแถวตรงและแถวห่าง และส่วนปลายฝักมีแมลงเข้าทำลายมาก

14. เปลือกหุ้มฝัก ให้คะแนน 1-5 ให้คะแนนความสม่ำเสมอของเปลือกหุ้มฝัก โดยที่

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

15. เปอร์เซ็นต์เมล็ด (การฝาน) โดยการคัดเลือกฝักที่ดี 5 ฝัก ชั่งน้ำหนักทั้งเปลือกบันทึก แล้วปอกเปลือกและฝานเอาเฉพาะส่วนของเนื้อเมล็ด โดยใช้มาตรฐานลักษณะการฝานของเครื่องฝานเมล็ดในโรงงาน ชั่งน้ำหนักเมล็ดที่ฝานดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ด} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดที่ฝานได้}}{\text{น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก}} \times 100$$

16. ความอ่อนนุ่ม วัดโดยใช้ผู้ทดลอง 2 คน ทดสอบการกัดชิม (bite test) ข้าวโพดหวาน 4 ฝัก ให้คะแนน 1-5 โดยที่

1 = เมล็ดหวานกรอบ และเปลือกเมล็ดบางไม่ติดฟัน
2 = เมล็ดหวานกรอบ และเปลือกเมล็ดติดฟันเล็กน้อย
3 = เมล็ดหวานนุ่ม และเปลือกเมล็ดติดฟันเล็กน้อย
4 = เมล็ดมีรสหวานเล็กน้อย และเปลือกเมล็ดหนาติดฟัน
5 = เมล็ดไม่มีรสหวาน และเปลือกเมล็ดหนาติดฟันมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

17. การทดสอบรสชาติและกลิ่น วัดโดยใช้ผู้ทดลอง 2 คน ทดสอบรสและกลิ่น ใช้เกณฑ์ความชอบตัดสิน ให้รสชาติคะแนน 1-5 โดยที่

1 = รสชาติและกลิ่นดีเยี่ยม
2 = รสชาติและกลิ่นดี
3 = รสชาติและกลิ่นปานกลาง
4 = รสชาติและกลิ่นไม่ดี
5 = รสชาติและกลิ่นไม่เป็นที่ต้องการ

18. วัดปริมาณน้ำตาลในเมล็ด วัดปริมาณน้ำตาลในเมล็ดด้วย hand refractometer มีค่าเป็น องศาบริกซ์ (degree brix)

19. วัดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดด้านต้นอ่อน (germinal) และเปลือกเมล็ดด้านตรงข้ามต้นอ่อน (abgerminal) โดยใช้เครื่องวัดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ผลการทดสอบผลผลิตเบื้องต้นของลูกผสมข้าวโพดหวานพิเศษ

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

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

C_1 a b c d C_2 e f g h … C_n

เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

a, b… = ผลผลิตของสายพันธุ์ที่เข้าทดสอบสายพันธุ์ที่ 1 ...n

$(C_1 + C_2)/2$ = ผลผลิตเฉลี่ยของสายพันธุ์ตรวจสอบในแถวข้างเคียงของสายพันธุ์ที่เข้าทดสอบ แต่ละชุด/ชุดนั้นc

$\overline{c}$ = ผลผลิตเฉลี่ยของพันธุ์ตรวจสอบทั้งหมด $(C_1 + C_2 + \ldots + C_n) / n$

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R-program ในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

3. วิเคราะห์ผลผลิตโดยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R-program ตามแผนการทดลองแบบ RCBD

สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

สถานที่ทดลอง

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2551 สิ้นสุดเดือน มิถุนายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลผลิตเมล็ดของสายพันธุ์ผสมรวม ในช่วงเดือนตุลาคม 2553 – มกราคม 2554

การคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมด้วยสายตาในชั่วแรก ๆ นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อลดจำนวนสายพันธุ์ในชั่วของการทดสอบผลผลิต หรือวัดผลในรายละเอียดของลักษณะต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับที่สามารถบริหารจัดการได้ ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่ว่า สายพันธุ์ที่ดีไม่จำเป็นต้องเป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดเสมอไป ลักษณะทางเกษตรอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากผลผลิตต่างก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน ดังเช่น ทรงต้น ปราศจากโรค คุณภาพในการกัดชิม ความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ ดังนั้น สายพันธุ์ที่ดีต้องต้องเป็นสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ในขั้นสุดท้ายของการปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสม

เพื่อที่จะทดสอบศักยภาพของผลผลิตและสมรรถนะการผสมในเบื้องต้นของสายพันธุ์ผสมรวม จากการคัดเลือกด้วยสายตา จึงเลือกใช้เฉพาะสายพันธุ์จากวิธี S_1~FS และ S_1~HS ซึ่งมีอยู่จำนวนไม่มาก ซึ่งสามารถคัดแยกความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ได้ค่อนข้างละเอียด และสามารถนำเข้าผสมทดสอบได้ ส่วนสายพันธุ์จากวิธี SMS ซึ่งมีอยู่จำนวนมาก จึงต้องรอผ่านการคัดกรองอีกหนึ่งชั่ว ประวัติของสายพันธุ์จากสายพันธุ์ทั้งหมด รวม 21 สายพันธุ์ แสดงไว้ในตารางที่ 3 และสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกจนถึง cycle 2 (F_1) ทั้ง 8 สายพันธุ์ผสมรวม ประกอบด้วยสายพันธุ์ที่มาจากวิธี S_1~FS = 4 สายพันธุ์ และ S_1~HS = 4 สายพันธุ์ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4 พร้อมทั้งผลผลิตของเมล็ดที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ของเพศผู้และเพศเมีย ความสูงต้นและความสูงฝัก ของทั้ง 8 สายพันธุ์ผสมรวม โดยมีค่าเฉลี่ยและช่วงผลผลิตของสายพันธุ์จากวิธีคัดเลือก S_1~FS และ S_1~HS เท่ากับ 351 (268-432) และ 299 (223-355) ก.ก./ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้ 4 สายพันธุ์แรกให้ผลผลิตในทางสถิติเท่ากับหรือสูงกว่าสายพันธุ์ผสมรวมเปรียบเทียบ 309 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สายพันธุ์ดังกล่าว มาจากวิธีคัดเลือก S_1~FS จำนวน 2 สายพันธุ์ และ S_1~HS จำนวน 2 สายพันธุ์ อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดอันดับ 1 และ 2 มาจากวิธี S_1~FS อันดับที่ 3 และ 4 มาจากวิธี S_1~HS ผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันกับงานทดลองของชฎามาศ (2550) ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของการผสมตัวเอง เพื่อเพิ่มยีนผลบวกที่ดี (homozygous dominance และ homozygous recessive) พร้อมทั้งทำให้สามารถขจัดยีนแฝงที่ไม่ต้องการออกจากสายพันธุ์ผสมรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การผสมข้ามสลับในแบบ full sib ทำให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถรักษาลักษณะของ non-additive ในรูปของ repulsion linkage ได้ดีกว่าการผสมข้ามแบบ half-sib ซึ่งมีตัวแปรของสายพันธุ์มากกว่าแบบ full-sib นอกจากนี้ การผสมข้ามแบบ full sib ยังสามารถเข้าถึงระดับ homozygosity ได้รวดเร็วกว่าการผสมแบบ half sib ทำให้สามารถแยกความแตกต่างของสายพันธุ์ได้ชัดเจนกว่า วิธี half sib เป็นการใช้ประโยชน์จากลักษณะยีนผลบวกและไม่เป็นผลบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ทั้งสองวิธีมีผลทำให้ผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวมอยู่ในเกณฑ์ที่สูง มากกว่าการผสมตัวเองหรือผสมข้ามภายในประชากรอย่างต่อเนื่อง (Genter, 1967 และ Kinman, 1952)

ผลผลิตของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม

สายพันธุ์ที่คัดได้ ในตารางที่ 4 เมื่อนำมาผสมแบบพบกันหมดได้ 28 คู่ผสม และผลผลิต 10 อันดับแรกของคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุด แสดงไว้ในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นผลผลิตในช่วงฤดูปลูก ตุลาคม 2553 – มกราคม 2554 โดยมีผลผลิตฝักเขียวสูงสุด 10 อันดับแรก 4,018-2,347 กก./ไร่ คู่ผสมทั้ง 10 มีอัตราแลกฝัก 51.96-61.72 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดฝาน 49.65-63.32 ความหวาน (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) 14.0-16.9 จำนวนแถว 14.5-16.4 แถว วันออกดอกเพศผู้ 62-66 วัน เพศเมีย 63-67 วัน และทุกลักษณะมีค่าแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ผลผลิตฝักสดทางการค้าที่แท้จริงของข้าวโพดหวานอยู่ที่ผลผลิตของฝักที่ได้ขนาดและมีลักษณะที่ดี (ฝักปอกเปลือกดี) สำหรับโรงงานแปรรูป อัตราแลกฝักและเมล็ด มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิต ซึ่งต้องนำเข้ามาร่วมพิจารณา และเมื่อพิจารณารวมทั้งสามลักษณะ จากตารางที่ 5 เข้าด้วยกันจะเห็นได้ว่า คู่ผสมบางคู่ถึงแม้ให้ผลผลิตฝักเขียวที่ดีแต่มีจุดด้อยในบางลักษณะ ดังนั้น เมื่อพิจารณาในภาพรวมคู่ผสม RK2/RK5 ซึ่งให้ผลผลิตค่อนข้างสูงอยู่ในลำดับที่ 3 แต่มีอัตราแลกฝักต่ำ แสดงว่ามีกาบฝักค่อนข้างหนา แต่มีอัตราแลกเนื้อของฝักปลอกเปลือกสูงถึง 63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าคู่ผสมสองลำดับแรกมาก แสดงว่า มีแกนฝักเล็ก แต่เมื่อคำนวณกลับเป็นน้ำหนักเมล็ดฝาน (ไม่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5) คู่ผสม 3 อันดับแรกให้น้ำหนักเมล็ดฝานที่ใกล้เคียงกัน 1211, 1253 และ 1289 กก./ไร่ ตามลำดับ จากลำดับ 1-3 ดังนั้นโดยภาพรวม เกษตรกรและผู้ขายฝักสด น่าจะชื่นชอบ RK3/RK5 เนื่องจากมีน้ำหนักฝักเขียวและฝักปอกเปลือกดีสูง ในขณะที่โรงงานแปรรูปน่าจะชื่นชอบ RK2/RK5 เนื่องจากมีอัตราแลกเนื้อสูง ส่วน RK2/RK11 ซึ่งมีลักษณะส่วนใหญ่อยู่กึ่งกลางระหว่างคู่ผสม 2 คู่แรก แต่เมื่อพิจารณาถึงความยาวฝักติดเมล็ดและจำนวนแถวเมล็ด ในตารางที่ 6 จะเห็นว่า คู่ผสม RK2/RK11 มีความยาวฝัก 18 เซนติเมตร และจำนวนแถวเมล็ด 16 แถว ทำให้สามารถตัดเป็นท่อนขนาด 6 เซนติเมตร ได้ 3 ท่อนพอดี และมีจำนวนแถวเมล็ดที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จึงเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นฝักสดแช่แข็ง อย่างไรก็ตาม ทั้ง 3 คู่ผสมดูจะด้อยกว่าในด้านความหวานเมื่อเทียบกับพันธุ์อินทรี 2 อย่างไรก็ตามคู่ผสม RK5/RK9 ซึ่งมีผลผลิตฝักเขียวและฝักปลอกเปลือกไม่แตกต่างในทางสถิติเมื่อเทียบกับคู่ผสมอันดับ 1, 2 และ 3 มีผลผลิตของฝักปอกเปลือกดีไม่แตกต่างทางสถิติกับคู่ผสมอันดับ 2, 3 และ 4 แต่ RK5/RK9 มีลักษณะประกอบอื่น ๆ ที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพในการรับประทาน ซึ่ง หวาน กรอบ (ตารางที่ 7) จึงจัดเป็นคู่ผสมที่โดดเด่นในภาพรวมเหนือกว่าคู่ผสมอื่น ๆ รวมทั้งพันธุ์อินทรี 2 นอกจากนี้ คู่ผสม RK4/RK11 ซึ่งถึงแม้จะมีผลผลิตค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกับพันธุ์อินทรี 2 แต่มีลักษณะทางคุณภาพในการรับประทานสูงสุดสำหรับโรคทางใบทุกคู่ผสมให้ผลในเกณฑ์ดีใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 8) และเนื่องจากคู่ผสมจากการคัดเลือกเป็นคู่ผสมของสายพันธุ์ผสมรวมในชั่วแรก ๆ จึงมีความสม่ำเสมอน้อยกว่าพันธุ์อินทรี 2 ซึ่งเป็นคู่ผสมจากสายพันธุ์แท้ที่ผ่านการคัดเลือกมานับสิบชั่ว เป็นที่น่าสังเกตว่า คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุด 4 อันดับแรก ให้คุณภาพในการกัดชิมต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความหวานและความกรอบนุ่มลดลง แสดงถึงการสะสมปริมาณแป้งที่สูง ในคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูง การคัดสายพันธุ์ลูกผสมจึงจำเป็นต้องหาสมดุลของผลผลิตและคุณภาพในการรับประทาน ผู้บริโภคย่อมต้องปรารถนาคุณภาพก่อนเสมอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ประวัติของสายพันธุ์ผสมรวมจำนวน 21 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ประวัติสายพันธุ์	วิธีการพัฒนาสายพันธุ์
RK1	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Alternate S_1~FS
RK2	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Alternate S_1~FS
RK3	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Alternate S_1~FS
RK4	Bicolor/ KDSi 1///Bicolor/ KDSi 1//resistant line	Alternate S_1~FS
RK5	Bicolor/ KDSi 1///Bicolor/ KDSi 1//resistant line	Alternate S_1~FS
RK6	Bicolor/ KDSi 1///Bicolor/ KDSi 1//resistant line	Alternate S_1~FS
RK7	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Alternate S_1~HS
RK8	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Alternate S_1~HS
RK9	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Alternate S_1~HS
RK10	Bicolor/ KDSi 1///Bicolor/ KDSi 1//resistant line	Alternate S_1~HS
RK11	Bicolor/ KDSi 1///Bicolor/ KDSi 1//resistant line	Alternate S_1~HS
RK12	Bicolor/ KDSi 1///Bicolor/ KDSi 1//resistant line	Alternate S_1~HS
RK13	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Selective mass sibbing
RK14	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Selective mass sibbing
RK15	KL/ KDSi 1//KL/bicolor	Selective mass sibbing

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สายพันธุ์	ประวัติสายพันธุ์	วิธีการพัฒนาสายพันธุ์
RK16	Composite line 309/404-6-set 4//KL/Composite line 309	Selective mass sibbing
RK17	Composite line 309/404-6-set 4//KL/Composite line 309	Selective mass sibbing
RK18	Composite line 309/404-6-set 4//KL/Composite line 309	Selective mass sibbing
RK19	Composite line 309/ bicolor///Composite line 309/bicolor//resistant line	Selective mass sibbing
RK20	Composite line 309/ bicolor///Composite line 309/ bicolor//resistant line	Selective mass sibbing
RK21	Composite line 309/ bicolor///Composite line 309/ bicolor//resistant line	Selective mass sibbing

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะทางเกษตรของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 8 สายพันธุ์ ร่วมกับสายพันธุ์ผสมรวม 309 ซึ่งเป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ (เดือน ต.ค. 2553 - ม.ค. 2554)

สายพันธุ์	วิธีคัดเลือก[1/]	ผลผลิต (กก./ไร่)	วันออกดอก (50%)		ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
			เพศผู้	เพศเมีย		
RK3	S_1~FS	432.8a	66a	67a-c	201a	99a
RK5	S_1~FS	390.4ab	65a	65bc	184ab	89a-c
RK12	S_1~HS	355.5a-c	61b	63c	165c	79c
RK9	S_1~HS	338.6b-d	65a	67a-c	187ab	92ab
RK4	S_1~FS	311.72cd	67a	67ab	182b	91a-c
RK11	S_1~HS	278.0c-e	66a	67ab	176bc	87a-c
RK2	S_1~FS	268.41de	67a	68ab	174bc	84bc
RK7	S_1~HS	222.99e	68a	69a	187ab	93ab
Composite line 309		334.7b-d	65a	66a-c	175bc	85b-c
Mean		339.07	65.5	66.4	181	89
F-test[2/]		**	**	**	**	ns
%C.V.		16.03	3.67	3.44	6.27	10.0

หมายเหตุ [1/] S_1~FS = alternate S_1 full sib selection, S_1~H S= alternate S_1 half sib selection

[2/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก เมล็ดฝาน ความหวาน จำนวนแถว และ วันออกดอก 50 เปอรเซ็นต์ ของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 28 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553 - ม.ค. 2554)

คู่ผสม	ผลผลิตฝักสด (กก./ไร่)			อัตราแลกฝัก	เมล็ดฝาน	ความหวาน	จำนวน	วันออกดอก (50%)	
	ฝักเขียว[1/]	ฝักปอกเปลือก[2/]	ฝักปอกเปลือกดี[3/]	(%)	(%)	(%บริกซ์)	แถว	เพศผู้	เพศเมีย
RK3/RK5	4,018a	2,432ab	2,098ab	60.50b-d	49.81d	14.4d-f	14.9c-e	62de	63de
RK2/RK11	3,947ab	2,297ab	1,934a-c	58.25c-f	54.57a-d	14.1ef	15.6a-e	66ab	66a
RK2/RK5	3,712ab	2,037bc	1,888a-c	54.95e-h	63.32a	14.7c-e	15.6a-e	64b-d	65a-d
RK2/RK12	3,584ab	2,148ab	1,828a-c	59.88b-d	53.16b-d	14.2ef	16.0a-c	64a-c	65a-d
RK5/RK9	3,680ab	2,155ab	1,760bc	58.56c-e	52.19cd	14.6de	16.4ab	62e	64c-e
RK3/RK11	2,951c	1,820cd	1,756bc	61.72bc	52.36cd	14.5d-f	14.5d-f	63c-e	63e
RK4/RK11	2,965c	1,799cd	1,707cd	60.85bc	59.65a-c	16.9a	15.9a-d	64bcd	64b-e
RK7/RK12	3,531b	1,835cd	1,365d-f	51.96h	49.65d	14.5d-f	15.0c-e	66ab	67a
RK9/RK11	3,044c	1,600de	1,225ef	52.77gh	50.80cd	15.6bc	15.9a-d	65ab	66ab
RK2/RK3	2,347d	1,280f	1,024f	53.90f-h	57.01a-d	14.0ef	16.2a-c	66a	66a-c
อินทรี 2	3,001c	1,714de	1,671cd	57.16c-g	62.31ab	16.1ab	13.5f	58f	60f
Mean	3,268.6	1,909.6	1,678.9	58.38	55.87	14.8	15.4	64	64
F-test[4/]	**	**	**	**	*	**	**	**	**
%C.V.	8.78	9.42	12.47	4.67	9.84	3.92	5.25	1.75	1.99

หมายเหตุ [1/] ฝักเขียว = ฝักสดรวมเปลือก [2/] ฝักปอกเปลือก = ฝักสดปอกเปลือก [3/] ฝักปอกเปลือกดี = ฝักสดปอกเปลือกที่คัดเฉพาะฝักสมบูรณ์

[4/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, * = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จาก 28 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553 - ม.ค. 2554)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก	ความลึกเมล็ด	จำนวน
	Germinal	Abgerminal	(% บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]	(ซม.)	(ซม.)	แถว
RK3/RK5	309.1bc	283.2	14.4d-f	21.2a	17.8bc	3.8a	4.6b	1.23	15c-e
RK2/RK11	283.7b-d	357.73	14.1ef	19.2cd	18.1ab	1.1c-e	4.7b	1.12	16a-e
RK2/RK5	310.4bc	223.8	14.6de	19.6bcd	19.0a	0.6ed	4.8b	1.2	16a-e
RK2/RK12	253.3c-e	282.67	14.2ef	18.3e	17.1cd	1.2c-e	4.5b	1.22	16a-c
RK5/RK9	333.6b	272.5	14.7c-e	19.7bc	17.6bc	2.1bc	4.7b	1.2	16ab
RK3/RK11	332.2b	344.73	16.9a	19.2cd	18.1ab	1.1c-e	4.5bc	1.03	15d-f
RK4/RK11	196.2ef	217.73	14.5d-f	17.4f	16.6d	0.8de	4.6b	1.24	16a-d
RK7/RK12	509.5a	289.7	14.5d-f	20.3b	17.5b-d	2.8ab	4.8b	1.18	15c-e
RK9/RK11	241.9c-f	220.4	15.6bc	16.7f	15.4e	1.3c-e	4.6b	1.26	16a-d
RK2/RK3	295.2b-d	302.3	14.0ef	18.9de	18.4ab	0.5de	4.7b	1.11	16a-c
Insee2	187.0ef	226.33	16.1ab	18.3e	18.1b	0.3e	3.9d	1.24	14f
Mean	283.04	263.83	14.8	18.99	17.68	1.3	4.58	1.19	15.4
F-test[3/]	**	ns	**	**	**	**	**	ns	**
C.V.%	15.72	23.47	3.92	2.43	3.23	52.85	5.33	7.92	5.25

หมายเหตุ [1/] Germinal = เปลือกเมล็ดด้านต้นอ่อน, Abgerminal = เปลือกเมล็ดด้านตรงข้ามต้นอ่อน [2/] ปลายฝักเปลือย = ค่าความยาวสุดของฝัก-ความยาวติดเมล็ด

[3/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 28 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวม และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553 - ม.ค. 2554)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีเมล็ดและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK3/RK5	2.8	3.2	3.5	3.0	3.2	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	หวาน ไม่กรอบ
RK2/RK11	3.3	2.5	1.3	2.5	2.7	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ หวานเล็กน้อย
RK2/RK5	4.0	3.0	3.0	3.5	3.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	ไม่หวาน ไม่อร่อย
RK2/RK12	3.2	3.7	3.2	3.2	3.7	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	ไม่อร่อย แข็ง
RK5/RK9	2.3	2.5	3.3	2.8	3.0	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	หวาน กรอบ
RK3/RK11	3.2	3.0	2.8	3.0	3.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ หวานเล็กน้อย
RK4/RK11	2.3	2.2	1.8	2.0	2.8	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	กรอบ หวาน อร่อย
RK7/RK12	3.0	3.3	3.0	3.8	3.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	นุ่ม หวานเล็กน้อย
RK9/RK11	2.5	2.8	3.0	3.2	3.0	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	หวาน กรอบและนุ่ม
RK2/RK3	3.5	2.5	2.0	3.0	3.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ หวานเล็กน้อย
Insee2	2.7	1.8	2.2	3.0	2.8	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ หวาน

หมายเหตุ [1/] ความบาง = ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด
คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จาก 28 คู่ผสม จากการผสมแบบพบกันหมดของ 8 สายพันธุ์ผสมรวมและพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน ต.ค. 2553 - ม.ค. 2554)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]		Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb				
RK3/RK5	2.3	2.2	2.3b-d	2.2a-d	203a-c	90bc
RK2/RK11	2.0	2.0	2.0d	2.0b-e	207ab	93bc
RK2/RK5	2.5	2.7	2.7a-c	2.5a-c	183d	91bc
RK2/RK12	2.3	2.5	3.0a	1.7c-f	191bcd	89bc
RK5/RK9	2.3	2.4	2.7a-c	2.5a-c	188cd	95a-c
RK3/RK11	2.2	2.2	2.3b-d	1.7c-f	204a-c	91bc
RK4/RK11	2.3	2.5	2.5a-d	1.8c-f	191b-d	97ab
RK7/RK12	2.5	2.3	2.3b-d	2.5a-c	197b-d	104a
RK9/RK11	2.5	2.5	2.4a-d	3.0a	194b-d	94a-c
RK2/RK3	1.8	2.3	2.0d	2.8ab	191b-d	85c
Insee2	1.8	1.8	2.2cd	1.2ef	193b-d	94a-c
Mean	2.32	2.25	2.44	2.05	196.7	91.8
F-test[2/]	ns	ns	*	**	**	**
C.V.%	23.59	14.24	15.44	26.54	5.70	6.74

หมายเหตุ [1/] คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

Lb = leaf blight, Clean = ความสะอาดของต้น

[2/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, * = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$,

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตเมล็ดของสายพันธุ์ผสมรวมจากกลุ่ม A, B และ C ในช่วงเดือน มีนาคม – มิถุนายน 2554

ปัญหาอันสำคัญของการคัดเลือกสายพันธุ์ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (G x E) ทำให้การคัดเลือกในแต่ละชั่วไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ผลผลิตของแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละฤดูปลูก จะขึ้นลงในทิศทางที่แตกต่างกัน เหตุการณ์ดังกล่าวเป็นสิ่งที่นักปรับปรุงพันธุ์จะต้องเรียนรู้และอยู่กับมันตลอดไป เพื่อที่จะพิจารณาคุณค่าของสายพันธุ์ที่นำเข้าทดสอบในฤดูหนาว (ตุลาคม 2553 – มกราคม 2554) จึงได้นำสายพันธุ์ดังกล่าวทั้งหมดเข้ารวมทดสอบสายพันธุ์ในช่วงอากาศร้อน (มีนาคม – มิถุนายน 2554) ประกอบด้วยสายพันธุ์จากกลุ่ม A ซึ่งใช้วิธีคัดพันธุ์แบบ S_1~FS 6 สายพันธุ์ (RK1- RK6) สายพันธุ์จากกลุ่ม B โดยวิธี S_1~HS 6 สายพันธุ์ (RK 7-RK 12) และสายพันธุ์จากกลุ่ม C โดยวิธี SMS 9 สายพันธุ์ (RK 13-RK 21) รวมทั้งหมด 21 สายพันธุ์ ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 9

ผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวมทั้ง 21 สายพันธุ์ ในตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ผสมรวมที่มาจากวิธี S_1~FS มีผลผลิต 172-390 กก./ไร่ เฉลี่ย 239 กก./ไร่ สายพันธุ์ที่มาจากวิธี S_1~HS มีผลผลิต 251-295 กก./ไร่ เฉลี่ย 243 ก.ก./ไร่ และสายพันธุ์ที่มาจากวิธี SMS มีผลผลิต 187-296 กก./ไร่ เฉลี่ย 279 กก./ไร่ ผลผลิตดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า S_1~FS มีช่วงของผลผลิตกว้างสุดและรองลงไปตามลำดับ คือ วิธี SMS และ S_1~HS โดยเหตุผลในทางทฤษฎี วิธี SMS ควรให้ช่วงห่างของสายพันธุ์ต่ำสุด เนื่องจากเป็นวิธีที่มีการผสมข้ามอย่างต่อเนื่อง การกระจายพันธุ์ควรต่ำกว่าวิธีผสมตัวเองสลับกับการผสมข้าม ในกรณีนี้ อาจเป็นได้ว่า มีการคัดสายพันธุ์จาก SMS จำนวนมากกว่าอีก 2 วิธี นอกจากนี้ สายพันธุ์ SMS ยังมาจากพ่อแม่ที่หลากหลายกว่าอีก 2 วิธี (ตารางที่ 3) ค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์ในแต่ละวิธีคัดเลือกลดหลั่นลงไปตามระดับความถดถอยทางพันธุกรรมของสายพันธุ์จาก SMS, S_1~HS และS_1~FS ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การผสมข้ามอย่างต่อเนื่องอาจให้ค่าเฉลี่ยของสายพันธุ์สูงสุด แต่จะให้ค่าสูงสุดของสายพันธุ์ต่ำกว่าการผสมสลับ ดังจะเห็นได้จากสายพันธุ์อันดับ 1 ของ S_1~FS (RK2) S_1~HS (RK11) และ SMS (RK14) ซึ่งมีผลผลิต 390, 295 และ 279 กก./ไร่ ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่า RK2 และ RK14 มาจาก พ่อแม่เดียวกัน ผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันกับงานทดลองของ ชฎามาศ (2550) นอกจากที่กล่าวแล้วผลกระทบของฤดูปลูกแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด ยกตัวอย่างเช่น RK2 และ RK11 ซึ่งให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำในฤดูหนาวกลับให้ผลผลิตสูงสุดในฤดูร้อน และกลับกันสำหรับ RK3 แล RK5 (ตารางที่ 4 และ 9) แสดงให้เห็นสภาพการปรับตัวเฉพาะแต่ละสภาพแวดล้อมของแต่ละสายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

วันออกดอกที่พร้อมกันของดอกเพศผู้และดอกเพศเมียของสายพันธุ์ผสมรวมเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับลดความซับซ้อนในการขยายพันธุ์ สายพันธุ์อินเบรดที่มาจากวิธี S_1~FS มีวันออกดอกเพศผู้ 62-67 วัน และวันออกดอกเพศเมีย 62-69 วัน สายพันธุ์ที่มาจากวิธี S_1~HS มีวันออกดอกเพศผู้ 62-65 วัน และวันออกดอกเพศเมีย 62-66 วัน และสายพันธุ์ที่มีจากวิธี SMS มีวันออกดอกเพศผู้ 62-67 วัน และวันออกดอกเพศเมีย 61-66 วัน แต่วันออกดอกเพศผู้และเพศเมียของแต่ละสายพันธุ์ใกล้เคียงหรือพร้อมกัน (ตารางที่ 9) ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการเพื่อความสะดวกในการขยายพันธุ์ ลักษณะการออกดอกเพศผู้และเพศเมียที่พร้อมกันของแต่ละสายพันธุ์ เป็นผลอันเนื่องมาจากการผสมข้ามภายในสายพันธุ์ในแต่ละรอบการคัดเลือก เป็นการคัดเลือกที่บังคับให้ดอกเพศผู้และเพศเมียออกพร้อมกัน ซึ่งเป็นข้อดีของการคัดพันธุ์ผสมรวม

ความสูงต้นและความสูงฝัก

ความสูงต้นและความสูงฝักของสายพันธุ์อินเบรดมีความสำคัญในการป้องกันการหักล้มและสะดวกในการเก็บเกี่ยว จากข้อมูลในตารางที่ 8 เห็นได้ว่าสายพันธุ์ผสมรวมที่มาจากวิธี S_1~FS มีความสูงต้น 128-156 เซนติเมตร และความสูงฝัก 58-72 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มาจากวิธี S_1~HS มีความสูงต้น 142-157 เซนติเมตร และความสูงฝัก 74-76 เซนติเมตร และสายพันธุ์ที่มาจากวิธี SMS มีความสูงต้น 144-161 เซนติเมตร และความสูงฝัก 67-81 เซนติเมตร

โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่า วิธีคัดเลือกแบบ S_1~FS มีประสิทธิภาพในการแยกสายพันธุ์ที่โดดเด่นได้ดีกว่าวิธี S_1~HS และ SMS ในขณะที่มีความแตกต่างไม่ชัดเจนในด้านประสิทธิภาพของ 2 วิธีหลัง ความโดดเด่นของสายพันธุ์จาก S_1~FS แสดงออกได้อย่างเด่นชัดในทั้งสองฤดูปลูกทดสอบ ถึงแม้ว่าจะต่างสายพันธุ์กัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะทางเกษตรบางลักษณะ ของสายพันธุ์ผสมรวมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 21 สายพันธุ์ ร่วมกับสายพันธุ์ผสมรวม 309 ซึ่งเป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ ปลูกทดสอบ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

สายพันธุ์	วิธีคัดเลือก[1/]	ผลผลิต (กก./ไร่)	วันออกดอก (50%)		ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
			เพศผู้	เพศเมีย		
RK1	S_1~FS	172.3 k	67 ab	69 a	146 b-g	65 d-g
RK2	S_1~FS	390.4 a	64 b-d	65 b-f	156 a-d	72 b-e
RK3	S_1~FS	197.4 i-k	65 a-c	65 b-f	160 ab	74 a-c
RK4	S_1~FS	200.2 i-k	63 c-f	63 c-h	145 c-g	72 b-e
RK5	S_1~FS	219.4 f-j	64 c-e	63 d-h	144 c-g	66 e-g
RK6	S_1~FS	258.2 c-e	62 d-f	62 f-h	128 h	58 g
RK7	S_1~HS	215.0 g-j	65 bc	65 b-e	148 a-f	67 c-f
RK8	S_1~HS	222.7 f-i	65 b-d	66 bc	155 a-d	71 b-e
RK9	S_1~HS	251.1 d-f	65 a-c	65 b-e	157 a-c	76 ab
RK10	S_1~HS	257.6 c-e	64 c-e	64 b-g	142 d-g	74 a-c
RK11	S_1~HS	294.8 b	62 d-f	62 f-h	151 a-e	74 a-c
RK12	S_1~HS	218.3 f-j	64 c-e	64 c-g	133 gh	62 fg
RK13	SMS	212.3 h-j	67 ab	66 ab	134 gh	62 fg

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

สายพันธุ์	วิธีคัดเลือก[1/]	ผลผลิต (กก./ไร่)	วันออกดอก (50%)		ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
			เพศผู้	เพศเมีย		
RK14	SMS	296.7 b	63 c-f	62 gh	145 c-g	69 b-f
RK15	SMS	285.2 bc	61 f	62 gh	142 d-g	67 c-f
RK16	SMS	247.7 e-g	64 c-e	63 c-h	155 a-d	73 a-d
RK17	SMS	284.4 b-d	67 a	66 ab	144 c-g	68 b-f
RK18	SMS	248.4 e-g	65 bc	65 b-d	161 a	81 a
RK19	SMS	187.3 jk	63 c-f	63 e-h	137 f-h	64 e-g
RK20	SMS	242.6 e-h	63 c-f	64 c-h	148 a-f	72 b-e
RK21	SMS	288.5 bc	62 ef	62 f-h	145 c-g	67 c-f
Composite line 309		219.8 f-j	62 ef	61 h	140 e-h	65 e-g
Mean		248.30	63.8	63.9	146.1	69.0
F-teset[2/]		**	**	**	**	**
C.V.%		9.63	2.76	2.63	6.71	8.3

หมายเหตุ [1/] S_1~F = Alternate S_1 full sib selection, S_1~H = Alternate S_1 half sib selection, SMS = Selective mass sibbing

[2/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตสมรรถนะการผสมของแต่ละกลุ่มสายพันธุ์

จาก 21 สายพันธุ์ เมื่อพิจารณาจากลักษณะโดยรวมเป็นเกณฑ์ และคัดเลือกให้เหลือ 14 สายพันธุ์ ประกอบด้วย 4A, 4B และ 6C ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10 ผลผลิตของสายพันธุ์ในฤดูหนาว (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตในฤดูร้อน (ตารางที่ 10) แสดงให้เห็นว่า RK2 ให้ผลผลิตในฤดูร้อนสูงขึ้นอย่างเห็นชัด จาก 268 ก.ก./ไร่ มาเป็น 390 ก.ก./ไร่ และอยู่ในลำดับที่ 1 ส่วน RK11 ให้ผลผลิตในฤดูร้อนสูงขึ้นเล็กน้อย จาก 278 มาเป็น 294 ก.ก./ไร่ ส่วนพันธุ์ในฤดูหนาวที่นอกเหนือจากสายพันธุ์ดังกล่าวให้ผลผลิตลดลงในฤดูร้อน แสดงถึงการปรับตัวที่ แตกต่างกันของแต่ละพันธุ์อย่างเห็นได้ชัด นำสายพันธุ์ทั้ง 21 สายพันธุ์มาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จากวิธี S_1~FS จำนวน 4 สายพันธุ์และ วิธี S_1~HS จำนวน 4 สายพันธุ์ นำมาผสมแบบพบกันหมดได้ 28 คู่ผสม กลุ่มที่ 2 จากวิธี SMS จำนวน 6 สายพันธุ์ นำมาผสมแบบพบกันหมดได้ 15 คู่ผสม โดยผลผลิต 10 อันดับแรก 43 คู่ผสม แสดงไว้ในตารางที่ 11 โดยมีผลผลิตฝักสดปอกเปลือกดี 1,120-1,303 ก.ก./ไร่ หรือเท่ากับ 124-144 เปอร์เซ็นต์ของพันธุ์เปรียบเทียบอินทรี 2 อัตราแลกฝัก 64.1-70.8 เมล็ดฝาน 44.7-57.1 เปอร์เซ็นต์

เป็นที่น่าสังเกตว่า มีคู่ผสมเพียง 2 คู่ คือ RK3/ RK11 และ RK2/ RK3 ซึ่งอยู่ในลำดับ 9 และ 10 (ตารางที่ 11) และติดลำดับที่ 6 และ 10 ตามลำดับ เมื่อปลูกในฤดูหนาว (ตารางที่ 5) นอกจากนี้ คู่ผสม ลำดับที่ 1 และ 2 RK5/ RK11 และ RK13/ RK14 แต่ละคู่ผสมมาจากสายพันธุ์พี่น้องที่มีพ่อแม่ร่วมกัน (ตารางที่ 3) ดังนั้น สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์จึงมิได้ขึ้นอยู่กับระดับความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์พ่อแม่เสมอไป แต่ยังขึ้นอยู่กับการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของพ่อแม่พันธุ์ด้วย ดังจะเห็นได้จาก RK14 และ RK11 มีผลผลิตอยู่ในลำดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และร่วมอยู่ในคู่ผสมอันดับ 1, 2 และ 3 แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดจะมีสมรรถนะการผสมที่ดีเสมอไป ดังจะเห็นได้จากสายพันธุ์ RK2 ซึ่งให้ผลผลิตสูงสุด แต่ให้คู่ผสมอยู่ลำดับที่ 10 เป็นที่น่าสังเกตว่า คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงมักมาจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงผสมกับสายพันธุ์ที่มีผลผลิตปานกลาง ดังนั้น การจับคู่ผสมในขั้นสุดท้ายหลังการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยพิจารณาผลผลิตเป็นเกณฑ์ จึงยังคงมีความจำเป็น เพื่อพิสูจน์คุณค่าของสายพันธุ์ในคู่ผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ผลผลิตเมล็ดที่ 12% ความชื้น และวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ของสายพันธุ์ผสมรวม 14 สายพันธุ์ ที่ผ่านการคัดเลือกด้วยสายตา (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

สายพันธุ์	วิธีคัดเลือก[1/]	ผลผลิต (กก./ไร่)	วันออกดอก (50%)	
			เพศผู้	เพศเมีย
RK2	S_1~FS	390.41	64	65
RK3	S_1~FS	197.44	65	65
RK4	S_1~FS	200.22	63	63
RK5	S_1~FS	219.37	64	63
RK8	S_1~HS	222.71	65	66
RK9	S_1~HS	251.14	65	65
RK11	S_1~HS	294.77	62	62
RK12	S_1~HS	218.33	64	64
RK13	SMS	212.27	67	66
RK14	SMS	296.72	63	62
RK16	SMS	247.72	64	63
RK17	SMS	284.44	67	66
RK19	SMS	187.26	63	63
RK20	SMS	242.63	63	64
Overall mean		248.30	63.8	63.9

หมายเหตุ [1/] S_1~FS = alternate S_1 full sib selection

S_1~HS = alternate S_1 half sib selection

SMS = selective mass sibbed selection

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก และเมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรก ที่ให้ผลผลิตสูงสุดจากทั้งหมด 43 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)			จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก	เมล็ดฝาน (%)	วันออกดอก (50%)		วันเก็บเกี่ยว
	ฝักเขียว[1/]	ฝักปอกเปลือก[2/]	ฝักปอกเปลือกดี[3/]					เพศผู้	เพศเมีย	
RK5/RK11	2,139 b	1,394 bc	1,303 cd	37	144	65.1 f-n	55.9 a-h	61 h-l	64 g-l	80 g-l
RK13/RK14	2,098 bc	1,312 c-f	1,260 c-e	38	139	64.1 g-o	52.3 b-k	64 b-f	66 a-d	82 a-d
RK14/RK20	1,912 c-i	1,316 c-e	1,202 c-f	31	133	68.8 c-h	44.7 lm	64 b-f	66 a-f	82 a-f
RK5/RK8	1,916 b-i	1,329 c-e	1,170 c-g	35	129	70.8 b-g	57.0 a-g	61 k-m	63 h-l	79 h-l
RK4/RK12	1,878 c-k	1,291 c-g	1,149 d-h	35	127	69.2 b-h	57.1 a-g	62 f-k	64 f-k	80 f-k
RK13/RK19	1,783 f-n	1,211 d-l	1,147 d-h	39	127	67.2 d-m	58.8 a-c	62 e-j	66 a-f	82 a-f
RK13/RK20	1,655 k-q	1,211 e-k	1,146 d-h	38	126	70.9 a-g	61.9 a	62 g-l	64 e-j	80 e-j
RK8/RK9	1,842 d-l	1,270 c-i	1,138 e-h	36	126	67.9 d-j	53.6 b-k	62 g-l	64 g-l	80 g-l
RK3/RK11	1,967 b-f	1,225 c-k	1,124 e-j	38	124	65.5 f-n	52.5 b-k	63 b-g	64 d-i	80 d-i
RK2/RK3	1,841 d-l	1,283 c-h	1,120 e-j	33	124	69.4 b-h	49.7 h-l	65 ab	67 ab	83 ab
Insee2	1,534 n-r	1,005 o-p	906 m-q	36	100	65.3 g-p	55.9 a-h	59 n	62 kl	78 k-l
Mean	1,752.0	1,148.0	1,033.7			66.43	54.05	62.0	64.3	80.3
F-test[4/]	**	**	**			**	**	**	**	**
C.V.%	9.19	10.53	11.01			7.81	9.47	1.84	2.02	1.61

หมายเหตุ [1/] ฝักเขียว = ฝักสดรวมเปลือก [2/] ฝักปอกเปลือก = ฝักสดปอกเปลือก [3/] ฝักปอกเปลือกดี = ฝักสดปอกเปลือกที่คัดเฉพาะฝักสมบูรณ์

[4/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะเกษตรของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดของแต่ละกลุ่มสายพันธุ์

โรคทางใบเป็นจุดอ่อนของข้าวโพดหวานที่สามารถพบได้เสมอ และอาจรุนแรงถึงขั้นสูญเสียผลผลิตโดยสิ้นเชิง ทั้งนี้เพราะข้าวโพดหวานเป็นพืชกินสด ที่ต้องการคุณภาพอย่างสูง ไม่ว่าจะเป็นในเรื่อง รูป รส กลิ่น และสัมผัส โรคทางใบที่สำคัญ ได้แก่ โรคราสนิม (rust) โรคใบไหม้ (lb) และไวรัส (virus) จะเห็นว่าคู่ผสมส่วนใหญ่มีโรคทางใบอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี ความสม่ำเสมอของต้น (uniform) ตำแหน่งฝักอยู่ในเกณฑ์ดี (ตารางที่ 12) หรืออาจกล่าวได้ว่าลักษณะเกษตรอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดีใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ

ตารางที่ 12 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุดจาก 43 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น	ความสูงฝัก
	Rust	Lb	Virus			(ซม.)	(ซม.)
RK5/RK11	2.8	2.5 b-d	2.0 a-d	2.9 b-d	2.5	180 a-i	87 a-j
RK13/RK14	2.0	2.5 b-d	1.0 e	2.5 c-e	2.5	157 kl	76 j-m
RK14/RK20	2.0	3.0 a-c	1.5 c-e	3.0 a-d	2.5	172 b-l	88 a-i
RK5/RK8	2.5	2.5 b-d	1.8 b-e	3.0 a-d	2.5	177 a-k	88 a-i
RK4/RK12	1.8	2.3 cd	2.3 a-c	2.0 e	2.5	193 a	97 a
RK13/RK19	2.3	2.5 b-d	2.0 a-d	2.8 b-e	2.3	170 d-l	87 a-k
RK13/RK20	2.3	2.5 b-d	1.3 de	2.8 b-e	2.3	175 a-k	90 a-g
RK8/RK9	2.0	2.5 b-d	2.7 a	2.5 c-e	2.8	182 a-f	86 a-k
RK3/RK11	2.0	2.3 cd	1.5 c-e	2.3 de	2.5	172 b-l	81 f-l
RK2/RK3	2.3	3.0 a-c	2.0 a-d	2.8 b-e	3.0	167 d-l	77 i-l
Insee2	2.0	2.2 d	1.3 de	2.2 ef	2.0	157 j-l	82 e-l
Mean	2.14	2.64	1.64	2.74	2.47	173.0	84.9
F-test[2/]	ns	**	**	**	ns	**	**
C.V.%	23.63	20.48	40.33	20.13	28.09	8.12	9.66

หมายเหตุ [1/] คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

Lb = leaf blight, Clean = ความสะอาดของต้น

[2/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะคุณภาพของเมล็ดสดของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดของแต่ละกลุ่มสายพันธุ์

ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดเปลือกหุ้มเมล็ด โดยวัดจากด้านต้นอ่อน (germinal) และด้านตรงข้ามต้นอ่อน (abgerminal) ได้ค่าความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดด้านต้นอ่อน 215-354 ไมครอน และด้านตรงข้ามต้นอ่อน 150-288 ไมครอน ความหวานวัดเป็นองศาบริกซ์ได้ 14.4-17.2 องศาบริกซ์ ความยาวฝักติดเมล็ด มีค่า 12.8-15.2 เซนติเมตร ความกว้างของฝัก 3.8-4.5 เซนติเมตร ความลึกของเมล็ด 1.1-1.2 เซนติเมตร และจำนวนแถว 15-17 แถว แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 13) ความหนาของเปลือกเมล็ดมีผลต่อคุณภาพในการกัดชิม แต่ความเหนียวของเปลือกเมล็ดมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน ความเหนียวของเปลือกเมล็ดจะสัมผัสได้ด้วยการกัดชิม สำหรับความหวานในเกณฑ์ทั่วไปอยู่ระหว่าง 14-16 องศาบริกซ์ ขนาดของฝักในมิติต่าง ๆ สำหรับตลาดฝักสด ขึ้นอยู่กับความนิยมของแต่ละบุคคลซึ่งแตกต่างกันแต่ขนาดฝักที่เหมาะสมโดยทั่วไปน่าจะมีความยาวติดเมล็ดตั้งแต่ 16-18 เซนติเมตรขึ้นไป จำนวนแถวน่าจะอยู่ที่ 16-18 แถว โดยมีความลึกของเมล็ดตั้งแต่ 0.8 เซนติเมตรขึ้นไป เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ดังกล่าว คู่ผสมทั้งหมดต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และเกือบทั้งหมดมีเกณฑ์ที่เหนือกว่าลูกผสมเปรียบเทียบอินทรี 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพในการกัดชิมของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดของแต่ละกลุ่มสายพันธุ์

คุณภาพการรับประทานให้คะแนนโดยผู้ชิม 2 ท่าน ชิมข้าวโพดหวานหลังนึ่ง มีเกณฑ์การให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือระดับที่ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปจนถึง 5 คู่ผสม RK5/RK8, RK4/RK12, RK8/RK9, RK3/RK11 มีคะแนนจากการชิมเทียบเท่าหรือสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 14) ซึ่งประกอบด้วย ความหวาน ความนุ่ม ความกรอบ และความบางของเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ในเกณฑ์ดี และลักษณะสีของเมล็ดที่ไล่ระดับตั้งแต่สีเหลืองเข้มจนถึงขาวนั้นเป็นเพราะสายพันธุ์ผสมรวมยังอยู่ในช่วงคัดเลือกแรก ๆ มีลักษณะสีต่าง ๆ ตามลักษณะสายพันธุ์ ซึ่งถ้าหากต้องการลักษณะที่สม่ำเสมอของสีใดสีหนึ่งก็สามารถคัดแยกเมล็ดสีต่าง ๆ จากสายพันธุ์พ่อแม่ได้โดยการคัดแยกสายพันธุ์

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะอื่น ๆ เข้าร่วมด้วย คู่ผสม RK4/RK12 ดูจะโดดเด่นที่สุด มีความหวานสูง ความยาวฝักติดเมล็ดดี ความกว้างและความลึกของเมล็ดสูง ส่วนอีก 3 คู่ผสมที่กล่าวข้างต้นต่างก็มีความโดดเด่นในลักษณะต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันมากนัก เป็นที่น่าสังเกตว่าคู่ผสมที่มีผลผลิตสูง ๆ มักจะไม่ผ่านคุณภาพในการรับประทาน ซึ่งเป็นไปได้ว่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมาจากการสะสมแป้งในเมล็ด เป็นเหตุให้ความหวานลดลง และมักมีเปลือกเมล็ดหนา ทั้งนี้รวมถึงคู่ผสมต่าง ๆ ที่ปลูกในฤดูหนาวด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จาก 43 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	Pericarp (μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก	ความลึกเมล็ด	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]	(ซม.)	(ซม.)	
RK5/RK11	280.9 d-i	226.7 b-h	14.6 i-r	17.1 e-l	14.7 b-g	2.5 k-o	4.5 ab	1.11	16 b-h
RK13/RK14	285.9 c-i	236.9 b-f	14.0 o-s	17.9 b-f	13.7 c-m	4.2 b-i	3.8 h-n	1.25	15 e-l
RK14/RK20	214.8 ij	150.2 i-k	16.6 ab	18.2 b-e	13.7 c-n	4.5 b-f	4.3 a-f	1.16	16 c-i
RK5/RK8	256.6 e-i	209.6 d-j	15.1 d-m	17.7 c-g	14.4 b-i	3.3 d-m	3.9 e-l	1.10	15 g-m
RK4/RK12	242.6 f-j	178.0 f-k	16.0 b-f	17.7 c-h	14.9 a-f	2.8 i-o	3.9 e-l	1.17	16 c-k
RK13/RK19	222.8 h-j	169.9 h-k	17.2 a	18.2 b-e	14.4 b-i	3.8 b-m	3.9 e-l	1.09	15 j-o
RK13/RK20	221.9 h-j	170.9 g-k	15.6 b-i	17.1 e-l	12.8 h-t	4.4 b-g	4.2 a-f	1.07	16 b-g
RK8/RK9	318.4 a-e	254.0 a-d	15.1 d-m	17.4 c-j	14.0 b-k	3.5 b-m	4.5 ab	1.14	16 c-i
RK3/RK11	263.7 e-i	215.1 c-h	15.3 c-l	18.2 b-e	15.2 a-d	3.0 g-o	4.2 a-i	1.14	16 c-j
RK2/RK3	354.0 a-c	288.3 ab	14.4 k-r	16.9 e-m	13.5 d-o	3.3 c-m	4.2 a-h	1.17	17 b-d
Insee2	267.4 e-i	219.6 c-h	16.1 b-d	16.2 j-n	13.3 e-p	2.8 h-o	3.7 l-n	1.04	13 q
Mean	273.46	215.95	15.13	16.79	13.41	3.39	4.04	1.13	15.3
F-test[3/]	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
C.V.%	19.09	20.7	5.06	6.15	9.51	30.99	7.03	8.12	5.85

หมายเหตุ [1/] Germinal = เปลือกเมล็ดด้านต้นอ่อน, Abgerminal = เปลือกเมล็ดด้านตรงข้ามต้นอ่อน [2/]ปลายฝักเปลือย = ค่าความยาวสุดของฝัก-ความยาวติดเมล็ด

[3/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 คุณภาพการกัดชิมหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 43 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ (4A+4B) และ 6C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีฝักและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK5/RK11	2.5	2.8	2.5	2.5	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	เนื้อแน่น pericarp หนา
RK13/RK14	3.3	2.5	3.0	2.8	3.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	แข็ง ไม่หวาน pericarp หนา
RK14/RK20	2.0	2.5	2.0	2.5	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ หวาน
RK5/RK8	2.0	2.3	2.3	2.0	2.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	หวาน กรอบ
RK4/RK12	2.3	2.0	2.0	2.0	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ หวาน
RK13/RK19	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	สีเหลืองสลับขาว ไหมสีน้ำตาล	สีเมล็ดไม่สวย อร่อยดี หวาน กรอบ ไม่ติดฟัน
RK13/RK20	2.5	2.3	2.3	2.3	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	มีกลิ่นหอม ฝักใหญ่ เหมาะเข้าโรงงาน
RK8/RK9	2.5	2.5	2.0	2.0	2.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	กรอบ หวาน อร่อย
RK3/RK11	2.0	2.5	2.5	2.3	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	หวาน กรอบ
RK2/RK3	2.8	2.8	2.5	2.5	2.8	สีเหลืองออกส้มเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	รสชาติดี แข็งเล็กน้อย ฝักสวย
Insee2	2.2	2.3	2.0	2.3	2.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	หอม หวาน กรอบ pericarp ติดฟันเล็กน้อย

หมายเหตุ [1/] ความบาง = ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด

คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของกลุ่ม A, B กับ กลุ่ม C

เพื่อที่จะขยายความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ในคู่ผสมให้กว้างขึ้น จึงทำการผสมข้ามระหว่างกลุ่ม A, B กับกลุ่ม C สายพันธุ์ผสมรวมที่คัดได้ด้วยสายตา จากกลุ่ม A (S_1~FS) จำนวน 2 สายพันธุ์ RK2 และ RK4 กลุ่ม B (S_1~HS) จำนวน 2 สายพันธุ์ RK9 และ RK11 กลุ่ม C (SMS) จำนวน 6 สายพันธุ์ RK13, RK14, RK16, RK17, RK19 และ RK20 ทำการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ได้ทั้งหมด 24 คู่ผสม โดยผลผลิต 10 อันดับแรกของคู่ผสมทั้ง 24 คู่ผสม แสดงไว้ในตารางที่ 15 โดยมีผลผลิตฝักสดปอกเปลือกดี 1,070-1,226 ก.ก./ไร่ หรือเท่ากับ 122-140 เปอร์เซ็นต์ของพันธุ์เปรียบเทียบอินทรี 2 อัตราแลกฝัก 61.7-72.0 เมล็ดฝาน 50.2-62.2 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ผสมรวม 309 เป็นเชื้อพันธุกรรมหลักของกลุ่ม C ที่แตกต่างออกไปจากเชื้อพันธุกรรมของกลุ่ม A และ B แสดงถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มที่ค่อนข้างต่ำ สายพันธุ์ผสมรวม 309 เป็นสายพันธุ์ที่ให้คุณภาพในการรับประทานสูง ข้อมูลของผลผลิตในตารางที่ 15 เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตของคู่ผสมภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มพันธุกรรมที่ใช้แทบจะไม่แตกต่างกัน แต่ผลผลิตของ 10 คู่ผสมแรกล้วนแต่ให้ผลผลิตได้เหนือกว่าพันธุ์อินทรี 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของ 5 อันดับแรก ในตารางที่ 15 ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก และเมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด ที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 24 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับ กลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)			จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก (%)	เมล็ดฝาน (%)	วันออกดอก (50%)		วันเก็บเกี่ยว
	ฝักเขียว[1/]	ฝักปอกเปลือก[2/]	ฝักปอกเปลือกดี[3/]					เพศผู้	เพศเมีย	
RK9/RK17	1,892 a-c	1,269 b-d	1,226 b-d	39	140	66.9 d-h	62.2 a	62 cd	64 d-g	80 d-g
RK9/RK16	1,837 a-e	1,291 b-d	1,193 b-e	37	137	70.3 b-f	56.8 a-e	61 d-h	63 f-h	79 f-h
RK11/RK16	1,689 d-g	1,214 b-e	1,176 b-e	40	135	72.0 b-d	55.9 b-f	62 c-e	65 c-e	81 c-d
RK4/17	1,867 a-d	1,291 b-d	1,167 b-e	37	134	69.5 b-f	57.0 a-e	61 e-h	63 f-h	79 f-h
RK2/16	1,823 b-f	1,251 b-d	1,162 b-e	37	133	68.9 c-g	53.2 d-g	62 d-f	65 c-f	81 c-f
RK4/16	1,806 b-f	1,272 b-d	1,121 c-f	33	128	70.5 c-f	50.2 g	61 e-h	63 gh	79 gh
RK9/RK14	1,816 b-f	1,196 b-f	1,101 d-g	35	126	66.0 e-h	57.9 a-e	61 e-h	64 d-g	80 d-g
RK2/17	1,701 d-g	1,173 c-g	1,092 d-g	37	125	69.1 b-g	58.5 a-d	61 d-g	64 d-g	80 d-g
RK11/RK20	1,649 f-i	1,161 c-h	1,076 d-g	37	123	70.4 b-f	54.6 c-g	62 d-f	65 cd	81 cd
RK9/RK13	1,944 ab	1,198 b-e	1,070 d-g	36	122	61.7 h	53.4 d-g	60 h	61 i	77 i
Insee2	1,556 hi	993 i-l	874 i-k	34	100	63.8 gh	55.1 b-g	60 h	62 hi	78 hi
Mean	1,695.9	1,160.7	1,063.6			68.47	55.27	61.53	63.84	79.84
F-test[4/]	**	**	**			**	**	**	**	**
C.V.%	7.56	9.99	10.64			5.68	7.18	1.6	1.71	1.37

หมายเหตุ [1/] ฝักเขียว = ฝักสดรวมเปลือก, [2/] ฝักปอกเปลือก = ฝักสดปอกเปลือก, [3/] ฝักปอกเปลือกดี = ฝักสดปอกเปลือกที่คัดเฉพาะฝักสมบูรณ์

[4/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะเกษตรของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับ กลุ่ม C

ลักษณะเกษตรดังแสดงไว้ในตารางที่ 16 มีเกณฑ์การให้คะแนนจาก 1 ที่ดีที่สุดลดหลั่นลงไปจนถึง 5 โรคทางใบได้แก่ โรคราสนิม (rust) โรคใบไหม้ (lb) และไวรัส (virus) จะเห็นว่าโรคทางใบอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี ความสม่ำเสมอของต้น (uniform) ตำแหน่งฝักอยู่ในเกณฑ์ดี ความสูงต้นโดยทั่วไปสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ลักษณะเกษตรอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดีใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ

ตารางที่ 16 ลักษณะเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุดจากทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับ กลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb	Virus				
RK9/RK17	1.5 d	2.3 de	1.0	2.3 d	2.0 b-d	182 c-e	94 b-g
RK9/RK16	1.8 cd	2.8 b-d	2.0	2.8 b-d	2.8 a	197 a	105 a
RK11/RK16	1.8 cd	2.5 c-e	1.5	2.5 cd	2.0 b-d	177 c-h	88 f-i
RK4/17	2.3 a-c	2.3 de	1.3	2.3 d	1.8 cd	183 b-d	96 b-f
RK2/16	1.8 cd	2.3 de	2.0	2.5 cd	2.8 a	189 a-c	99 a-d
RK4/16	2.0 b-d	3.0 bc	1.5	2.5 cd	2.3 a-c	187 a-c	97 a-d
RK9/RK14	2.3 a-c	2.8 b-d	1.5	2.8 b-d	2.3 a-c	182 c-e	91 d-i
RK2/17	1.8 cd	2.5 c-e	1.8	2.3 d	1.8 cd	182 c-e	94 c-g
RK11/RK20	2.0 b-d	2.5 c-e	1.3	2.8 b-d	2.3 a-c	171 e-i	89 e-i
RK9/RK13	2.5 ab	3.0 bc	1.5	3.0 a-c	2.8 a	179 c-f	92 c-i
Insee2	2.0 b-d	2.3 de	1.3	2.3 d	2.0 b-d	159 ij	84 h-j
Mean	2.04	2.70	1.58	2.67	2.23	177.0	90.7
C.V.%	21.00	14.53	25.33	18.06	22.96	5.00	6.77

หมายเหตุ [1/] คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

Lb = leaf blight

Clean = ความสะอาดของต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะคุณภาพของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับ กลุ่ม C

ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดเปลือกหุ้มเมล็ด โดยวัดจากด้านต้นอ่อน (germinal) และด้านตรงข้ามต้นอ่อน (abgerminal) ได้ค่าความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดด้านต้นอ่อน 154-266 ไมครอน และด้านตรงข้ามต้นอ่อน 112-211 ไมครอน ความหวานวัดเป็นองศาบริกซ์ได้ 14.8-16.8 องศาบริกซ์ ความยาวฝักติดเมล็ด 13.1-14.8 เซนติเมตร ความกว้างของฝัก 3.8-4.2 เซนติเมตร ความลึกของเมล็ด 1.0-1.3 เซนติเมตร และจำนวนแถว 14-16 (ตารางที่ 17) ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีผลต่อคุณภาพในการรับประทานแต่ความเหนียวของเปลือกเมล็ดมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน ความเหนียวของเปลือกเมล็ดจะสัมผัสได้ด้วยการกัดชิม

คุณภาพในการกัดชิมของ 10 คู่ผสมแรกจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับ กลุ่ม C

คุณภาพการรับประทานให้คะแนนโดยผู้ชิม 2 ท่าน กัดชิมข้าวโพดหวานหลังนึ่ง มีเกณฑ์การให้คะแนน 1-5 โดย 1 คือระดับที่ดีที่สุด และลดหลั่นลงไปจนถึง 5 คู่ผสมที่ให้คุณภาพในการกัดชิมเทียบเท่าหรือเหนือกว่าอินทรี 2 มีอยู่ 4 คู่ผสม ได้แก่คู่ผสม RK11/ RK16 , RK4/ RK17, RK2/ RK16 และ RK4/ RK16 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะของฝัก จากตารางที่ 17 เข้ามาประกอบ คู่ผสมทั้งหมดยกเว้นคู่ผสม RK4/ RK17 ต่างก็มีปลายฝักเปลือยที่ยาวและมีความยาวฝักติดเมล็ดค่อนข้างสั้น ดังนั้น RK4/ RK17 จึงเป็นคู่ผสมคู่เดียวที่ผ่านการพิจารณาจากการผสมระหว่างกลุ่มพันธุกรรม แต่ก็ไม่มีอะไรโดดเด่นไปกว่าการผสมภายในกลุ่มของ A, B และ C ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า กลุ่มพันธุกรรมของสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดีร่วมกัน (heterotic group) อาจจะเป็นสายพันธุ์จากประชากรเดียวกันหรือต่างประชากรก็ได้ และมีความสำคัญเหนือกว่าระดับความแต่กต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ นอกจากนี้ heterotic group ของสายพันธุ์สามารถสร้างขึ้นได้โดยการผสมพันธุ์และคัดสายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับ กลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก	ความลึกเมล็ด	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]	(ซม.)	(ซม.)	
RK9/RK17	248.35	211.30	16.3 a	17.5 e-j	14.5 b-d	3.0 g-k	4.2 b-d	1.14	15 c-h
RK9/RK16	250.80	207.20	16.5 a	17.8 d-h	14.8 b	3.1 f-k	4.1 b-d	1.14	15 e-h
RK11/RK16	235.40	161.10	16.4 a	19.5 ab	14.3 b-d	5.2 b	3.8 gh	1.19	16 b-e
RK4/17	182.45	145.00	16.0 a	16.7 h-l	14.2 b-f	2.5 jk	4.2 b-d	1.21	15 b-f
RK2/16	223.95	190.55	16.8 a	17.5 e-i	13.1 d-j	4.4 b-e	4.0 c-h	1.11	16 a-c
RK4/16	187.00	143.75	16.0 a	17.9 d-h	13.5 b-h	4.4 b-f	3.9 c-h	1.14	14 f-h
RK9/RK14	266.35	205.95	16.0 a	17.0 f-l	14.6 bc	2.4 k	4.1 b-d	1.13	14 f-h
RK2/17	153.95	112.05	16.0 a	17.5 e-i	14.9 b	2.6 i-k	4.0 c-h	1.25	16 b-d
RK11/RK20	262.80	202.20	14.8 bc	18.3 b-e	13.2 c-i	5.2 b	4.1 c-g	1.21	15 c-g
RK9/RK13	263.20	202.40	16.4 a	16.8 f-l	14.2 b-e	2.6 i-k	4.1 c-e	1.02	14 h-j
Insee2	238.58	191.12	16.1 a	16.2 j-m	13.8 b-g	2.4 k	3.7 h	1.08	12 j
Mean	222.96	174.13	15.25	17.4	13.7	3.71	4.01	1.14	15.0
F-test[3/]	ns	ns	**	**	**	**	**	ns	**
C.V.%	23.03	25.29	4.98	5.35	7.91	25.2	5.99	7.71	6.57

หมายเหตุ [1/] Germinal = เปลือกเมล็ดด้านต้นอ่อน, Abgerminal = เปลือกเมล็ดด้านตรงข้ามต้นอ่อน [2/] ปลายฝักเปลือย = ค่าความยาวสุดของฝัก-ความยาวติดเมล็ด

[3/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.01, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P > 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) 10 คู่ผสมแรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด จากทั้งหมด 24 คู่ผสมที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ A, B กับ กลุ่ม C และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2) (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีเมล็ดและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK9/RK17	2.5	3.0	2.8	2.5	2.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	pericarp ติดฟันเล็กน้อย
RK9/RK16	2.3	2.8	2.5	2.3	3.0	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลือง	กลิ่นแปลก
RK11/RK16	2.3	2.3	2.0	2.3	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	มีกลิ่นหอม
RK4/17	2.0	2.0	1.5	2.0	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	กรอบ
RK2/16	2.0	2.8	2.0	2.0	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ
RK4/16	2.3	2.5	2.0	2.3	2.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	มีกลิ่นหอม
RK9/RK14	2.3	2.8	2.0	2.3	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลเข้ม	pericarp ติดฟันเล็กน้อย
RK2/17	2.5	2.8	2.5	2.8	2.8	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	รสชาติกลางๆ
RK11/RK20	3.0	3.0	2.8	2.8	2.8	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	รสชาติกลางๆ
RK9/RK13	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ แข็งเล็กน้อย
Insee2	2.5	2.3	2.3	2.0	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	มีกลิ่นหอม กรอบ

หมายเหตุ [1/] ความบาง = ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด
คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

การคัดสายพันธุ์ข้าวโพดหวานมีความละเอียดอ่อนและซับซ้อนมาก เนื่องจากผลผลิตขั้นสุดท้ายใช้สำหรับมนุษย์รับประทาน มีความเกี่ยวข้องกับ รูป รส กลิ่น และ สัมผัส ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กันอย่างลงตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำเอาข้าวโพดไร่เข้ามาผสมพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต ความแข็งแรงตลอดจนความต้านทานโรค ทำให้สมดุลทางคุณภาพของข้าวโพดหวานเปลี่ยนไป การคัดเพื่อเพิ่มผลผลิตของอินเบรดมักทำให้ความหวานลดลง เนื่องจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการสะสมแป้งในเมล็ด อย่างไรก็ตาม การถ่ายยีนจากข้าวโพดไร่สู่ข้าวโพดหวานก็มีความจำเป็นที่ยากจะหลีกเลี่ยง ทั้งนี้ เพื่อเสริมลักษณะที่จำเป็นที่ขาดหายไปจากเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดหวานที่มีอยู่

การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีคัดแยกสายพันธุ์ (วิธีจดประวัติ) เป็นวิธีที่ใช้เวลา แรงงาน และทุนทรัพย์ที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อมีความจำเป็น ต้องคัดสายพันธุ์จำนวนมากเพื่อทดสอบสมรรถนะการผสม การใช้สายพันธุ์ผสมรวมจึงเป็นทางออกที่ดี เพื่อการประหยัดและได้ผลอย่างรวดเร็ว ดังผลงานในข้าวโพดไร่ (Kinman, 1952; Phuong and Samphanthark 2006; Oo, 2009) ข้าวโพดหวาน (นฤมล, 2548; ชฎามาศ, 2550) และข้าวโพดข้าวเหนียว (อัมราวรรณ, 2551)

วิธีการคัดสายพันธุ์ผสมรวมในการทดลองนี้ เป็นไปตามข้อกำหนดที่ว่า 1) ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อต้นในชั่วแรก ๆ กับผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดในชั่วหลัง ๆ จึงไม่มีความจำเป็นต้องปลูกพืชจำนวนมาก ๆ ต่อคู่ผสมในชั่วแรก ๆ (Cornelius and Dudley, 1974) 2) ถึงแม้ว่าผลผลิตต่อต้นไม่มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะการผสมทั่วไปหรือสมรรถนะการผสมเฉพาะของแต่ละสายพันธุ์ แต่กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูงให้สมรรถนะการผสมที่ดีกว่ากลุ่มให้ผลผลิตต่ำ (Lamkey and Hallauer, 1986) ดังนั้น การคัดสายพันธุ์โดยพิจารณาจากผลผลิตเป็นเกณฑ์ในชั่วแรก ๆ จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ 3) คู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตปานกลางจนถึงค่อนข้างสูง ให้คู่ผสมที่ดีกว่าจากคู่ผสมของสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด (Ipsilandis *et al*., 2005) 4) ผลผลิตของสายพันธุ์ผสมรวมสามารถปรับปรุงได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ตลอดจนสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ ควรจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงหลัง ๆ 5) สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ผสมรวมมีความแปรปรวนต่ำในแต่ละชั่วของการคัดเลือก และให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ที่ได้จากการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง (Kinman, 1952)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองนี้ เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้นเกือบทุกประการ ผลผลิตเฉลี่ยของสายพันธุ์ผสมรวมลดลงตามระดับความถดถอยทางพันธุกรรมที่เพิ่มขึ้นของแต่ละวิธีคัดพันธุ์ เรียงจาก SMS, S_1~HS, S_1~FS อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดมาจากวิธี S_1~FS และมีความสม่ำเสมอของสายพันธุ์สูงสุด นอกจากนี้ สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์จากแต่ละวิธีคัดเลือกไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า เนื่องจากสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ผสมรวมไม่ว่าจะใช้วิธีใด ๆ มีความแปรปรวนต่ำในแต่ละชั่วของการคัดเลือก

จากการทดลองนี้ ทั้งผลผลิตและคุณภาพของคู่ผสม ส่วนใหญ่มาจากคู่ผสมของสายพันธุ์ที่มีพ่อแม่ร่วมกันหรือคล้ายกัน การผสมข้ามสายพันธุ์ต่างกลุ่มพันธุกรรม มีแนวโน้มจะให้คู่ผสมที่มีผลผลิตและคุณภาพลดลง นอกจากนี้ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดมักมีคุณภาพในการรับประทานที่ต่ำ แสดงให้เห็นถึงปฏิสัมพันธ์ของยีนเพื่อคุณภาพที่จำกัดอยู่ภายในกลุ่มแคบ ๆ และผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการสะสมแป้งในเมล็ดมากขึ้น

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตคุณภาพของฝักสดกับสภาพแวดล้อมมีอยู่สูงมาก คู่ผสมที่ให้ผลผลิตและหรือคุณภาพฝักสดสูงในฤดูหนาว (ตุลาคม-มกราคม) มักไม่ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของฤดูร้อนใน เดือน มีนาคม-มิถุนายน สภาพการเติบโตที่ช้าในสภาพอากาศเย็นจัดและยาวนาน ถึงแม้ทำให้มีผลผลิตสูง แต่ก็มีการสะสมแป้งในเมล็ดมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากความหวานที่ลดลงเมื่อผลผลิตเพิ่มขึ้น และเนื่องจากข้าวโพดหวานเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง ผู้บริโภคมีความต้องการคุณภาพที่สูงสุด การคัดพันธุ์ให้เหมาะสมกับแต่ละสภาพแวดล้อม น่าจะเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการค้นหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับแต่ละฤดูปลูกมากกว่าที่จะค้นหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับการปลูกได้ตลอดปี นอกจากนี้ อาจจำเป็นจะต้องหาจุดที่เหมาะสมระหว่างคุณภาพกับผลผลิตที่ควรจะรับได้ในแต่ละสภาพแวดล้อม ในกรณีนี้คู่ผสมที่เหมาะสมกับฤดูอากาศเย็นน่าจะเป็นคู่ผสม RK5/RK9 และ RK4/RK11 (ภาพที่ 3) ซึ่งให้ผลผลิตฝักปอกเปลือกดีอยู่ที่ 1760 และ 1707 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับอินทรี 2 ซึ่งให้ผลผลิตอยู่ที่ 1671 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีลักษณะทางคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และเหนือกว่าพันธุ์ลูกผสมอินทรี 2 ในหลาย ๆ ด้าน สำหรับพันธุ์ที่เหมาะกับอากาศร้อนควรเป็นคู่ผสม RK14/RK20 และ RK4/RK12 (ภาพที่ 4) ซึ่งให้ผลผลิต 1202 และ 1149 กก./ไร่ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับลูกผสมอินทรี 2 ซึ่งให้ผลผลิต 906 กก./ไร่ และมีลักษณะคุณภาพ อื่น ๆ ที่เทียบเท่าหรือเหนือกว่าพันธุ์อินทรี 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปรับปรุงลักษณะทางคุณภาพของประชากรเริ่มต้น ให้มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันก่อนนำเข้าปรับปรุงสายพันธุ์ เพื่อผลผลิตและสมรรถนะการผสม น่าจะช่วยลดความซับซ้อนของการคัดเลือกสายพันธุ์ได้มาก การปรับปรุงสายพันธุ์โดยวิธีผสมรวม เป็นวิธีที่มีประสิทธภาพในการเพิ่มผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรด ทั้งนี้ เพราะที่ระดับ homozygosity ที่เท่ากัน การผสมระหว่างสายพันธุ์พี่น้อง ให้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงกว่าการผสมตัวเองอย่างต่อเนื่อง (Cornelius and Dudley, 1974) นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้ตลอดจนการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม ยังสามารถเพิ่มระดับความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ได้ไม่แตกต่างไปจากการคัดแยกสายพันธุ์โดยวิธีจดประวัติ แต่มีผลผลิตของสายพันธุ์ที่สูงกว่าสายพันธุ์ที่ผสมตัวเองอย่างต่อเนื่องอย่างมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกแบบ S_1~FS, S_1~HS และ SMS ในการให้ผลผลิตและสมรถนะการผสมของสายพันธุ์ผสมรวม ไม่มีความแตกต่างกัน แต่สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดมาจากวิธีคัดเลือกแบบ S_1~FS

2. โดยภาพรวมสายพันธุ์ S_1~FS มีความสม่ำเสมอค่อนข้างสูงทั้ง ๆ ที่ผ่านการคัดเลือกมาเพียง 2 รอบ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดมักให้ลักษณะทางคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งความหวานต่ำ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตและคุณภาพสูงมักมาจากฐานพันธุกรรมเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและคุณภาพกับสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัด

3. การทดสอบสายพันธุ์และคู่ผสมในแต่ละฤดูปลูกจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง และเนื่องจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมทางคุณภาพจำกัดอยู่ในวงแคบ ๆ การนำเชื้อพันธุกรรมใหม่ ๆ มาใช้ควรต้องทำด้วยความระมัดระวัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อที่จะรักษาสมดุลของสายพันธุ์ผสมรวม จึงควรมีการพัฒนาสายพันธุ์ผสมรวมควบคู่กับการทดสอบคู่ผสมอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ และป้องกันการถดถอยของผลผลิต ตลอดจนสมรรถนะการผสมในแต่ละชั่วของการขยายพันธุ์

2. ควรมีการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมรวมในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในระดับที่พืชสามารถปรับตัวได้ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ซึ่งอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน (gene frequency) ภายในสายพันธุ์ ซึ่งจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสายพันธุ์โดยรวม

3. หลังจากการคัดเลือกด้วยสายตา เพื่อปรับปรุงลักษณะทางเกษตร ตลอดจนผลผลิตของสายพันธุ์ ควรมีการทดสอบคุณภาพในการรับประทานของสายพันธุ์พ่อแม่ก่อนนำเข้าจับคู่ผสม เพื่อลดจำนวนคู่ผสมที่ไม่จำเป็นออกไป ทั้งนี้ เพราะสายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงโดยปกติมักมีคุณภาพในการรับประทานต่ำ เนื่องจากมีการสะสมปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

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

_____. 2550. **เอกสารประกอบการสอนวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืชชั้นสูง : ปรับปรุงพันธุ์พืช : พื้นฐานวิธีการและแนวคิด**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

คฑารัตน์ ชูศรีเอี่ยม. 2546. **การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อคุณภาพฝักสดและต้านทานโรค.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชื่นจิต แต่ศิวิลัย. 2546. **การใช้ลักษณะที่เป็นประโยชน์จากข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดไร่เพื่อปรับปรุงพันธุ์สายพันธุ์อินเบรด และลูกผสมของข้าวโพดหวานพิเศษ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และนพพงศ์ จุลจอหอ. 2537. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น. 124-126 *ใน* **การสัมมนาทางวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืช ครั้งที่ 4.** กรุงเทพ ฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า.** โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์ กรุงเทพฯ.

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

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

นลิณี ปัดสุวัณ. 2547. **การใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานโดยวิธีผสมกลับ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**,** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฏฐนี กิจไพบูลย์ทวี. 2546. **การใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดหวานจากเขตอบอุ่นเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมภายในประเทศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิเชษฐ์ กรุดลอยมา, ดาวรุ่ง คงเทียน, อำนาจ ชินเชษฐ์, จรัส กิจบำรุง และสมศักดิ์ เสนาณรงค์. 2538. แหล่งพันธุกรรมข้าวโพดหวานที่น่าสนใจ น. 118-127 *ใน* **การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 26**, กรุงเทพ ฯ.

รัชฎา ตั้งวงค์ไชย. 2535. **อิทธิพลของความร้อนในกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณน้ำตาล สี และเนื้อสัมผัสของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่าง ๆ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิเชียร กีรตินิจกาล. 2538. การปรับปรุงความอ่อนนุ่มในข้าวโพดหวานโดยวิธีการคัดเลือก 2 วิธี. น. 138-143 *ใน* **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาพืช**, กรุงเทพ ฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

อำพล เสนาณรงค์. 2536. **ข้าวโพดหวานและข้าวโพดรับประทานฝักสด**. ประมวลบทความทางวิชาการเกษตร ปี 2503-2535. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Azanza, F.,J. A. Juvik and B.P. Klein. 1994. Relationships between sensory quality attributes and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn**. J Food Qual**. 17 : 159-172.

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.

Bills, D.D. and T.W.Keenan. 1968. Dimethyl sulfide and its precursor in sweet corn. **Agric Fd Chem**. 16: 643.

Boyer, C.D., and L.C. Hannah. 2001. Kernel Mutants of corn. pp : 1-31. *In* : **Hullauer, A. R. (ed.). 2nd Edn. Specialty corns**, CRC Press, New York.

Boyer, C.D., and J.C. Shannon. 1982. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. pp : 1 : 139. *In* : **J. Janick (ed.). Plant Breeding Reviews.** John Willy and Sons Inc., New York.

Burton, J.W., L.H.Penny, A.R.Hallauer and S.A. Eberhart. 1971. Evaluation of synthetic populations developed from a maize variety (BSK) by two methods of recurrent selection. **Crop Sci**. 11 : 361-365.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Camenon, J.W and J.T. Haward. 1954. Carbohydrate relationship in developing and muture endosperm of brittle and related maize genotype. **Amer J Bot.** 41 : 50-55.

Carangal, V.R., S.M. Ali, A.F. Koble, E.H. Rinke and J.C. Sentz. 1971. Comparison of S_1 with test-cross evaluation for recurrent selection in maize. **Crop Sci.** 11 : 658 – 661.

Coe, E.H. and M.G. Neuffer. 1977. **The genetics of corn In Corn and Corn Improvement.** 2nd ed. G.F. Sprague. (ed). The Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, U.S.A.

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.

Cornelius, P.L.and J.W. Dudley. 1974. Effect of inbreeding by selfing full-sib mating in maize population**. Crop Sci.** 14 : 815-819.

Dignan, D.M. and R.C. Wiley. 1976. DMS level in the aroma of cooked frozen sweet corn as affected by cultivar, maturity, blanching and packaging**. Food Sci J.** 41 : 346-348.

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

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

Fasoula, V.A. and A.C. Fasoula. 2000. Honeycomb breeding: Principles and appreciations. **Plant Breeding Reviews.** 18 : 177-250.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Flora, L.F. and R.C. Wiley. 1974. Sweet corn aroma, chemical components and relative importance in overall flavor response**. Food Sci J**. 39:770-773.

Gardner. C.O. and J.H. Lannquist. 1959. Linkage and the degree of gene controlling quantitative characters in maize. **Agron J.** 51 : 524 – 528.

Genter, C.F. 1967. Inbreeding without inbreeding depression. Ann. Hybrid Corn Ind. **Res. Conf., Proc.** 22. p. 82-90.

Genter, C.F. 1976. Recurrent selection for yield in the F_2 of maize single cross. **Crop Sci.** 16 : 350-344

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 radiata* (L.) Wilczek.]. **Theoret Appl Genet**. 90 : 554-560.

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

Hallauer, A.R. 2001. **Speciality Corns.** 2nd ed. CRC Press, Florida.

Hannah, L.C., M. Giroux and C. Boyer. 1993. Biotechnological modification of carbohydrates for sweet corn and maize improvement. **Scientia Hortic**, 55 p.

Helm, J.L. and M.S. Zuber. 1972. Inheritance of pericarp thickness in corn belt maize. **Crop Sci.** 12 : 428-430.

Hooker, A.L. 1961. A new type of resistance to *Helminthosporium turcicum*. **Plant Dis**. Rep. 45: 780-781.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Ipsilandis, C.G.,P.N. Deligeorgidis, L. Giakalis, M. Koutsika, A. Papadopoulou and V. Xanthopoulos. 2005. Breeding for homozygotic syperiorit and stability in maize without losing combining ability. **Asian J. Plant Sci.** 4(5) : 499-506.

Ito, G.M. and J.L. Brewbaker. 1981. Genetic advance through mass selection for tenderness impreovement in sweet corn. **HortSci**. 106 : 496-499.

Ito, G.M. and J.L. Brewbaker. 1991. Genetic analysis of pericarp thickness in progenies of eight corn hybrids. **Amer Soc Hort Sci J.** 116 : 1072-1077.

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

Kaukis, K. and D.W. Davis. 1986. Sweet corn breeding. *In* **Breeding Vegetable Crops**. M.J. assett (ed). AVI Pub. Co. Conn.

Kinman, M.L. 1952. Composite sibbing versus selfing in development of corn inbred 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.D. Hallauer. 1986. Preformance of high x high, high x low and low x low crosses of lines from the BSSS maize synthetic. **Crop Sci.** 26 : 1114-1118.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mangeldrof, A.J. 1952. Gene interaction in heterosis. *In* **J.W. Gowen (ed.), Heterosis.** Iowa State College Press, Ames. P.321-329.

Moll, R.H., Lonnquis, J.V. Fortuno, and E.C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. **Genet**. 52 : 139-144.

Oo, T.L. 2009. **Performance of composite-sibbed lines derived from different selection methods and their hybrid combinations.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Phuong, N. and K. Samphantharak. 2006. Composite Line Method for the Development of Early Generation Hybrids of Maize (*Zea mays L.*) **Kaetsart J.** (Nat. Sci.) 41 : 242-250.

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

Peterson, P.A. 1992. Quantitative inheristance in the era of molecular biology. **Maydica** 37 : 7-18.

Penny, L.H. and F.F. Dick. 1956. Inherltance of resistance to leaf feeding of the European corn borer. **Agron J.** 48 : 200-203.

Pixley, K.V., T. Dhliwayo, and P. Tongoona. 2006. Improvement of a maize population by full-sib Selection alone versus full-sib with selection during inbreeding. **Crop Sci.** 46: 1130-1136.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Self, R., J.C. Casey and T. Swain. 1963. The low-boiling volaties of cooked foods. **Chem & Ind**. 863.

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

Sprague, G.F. and W.A. Russell. 1956. Some evidence on type of gene action involved in yield heterosis in maize. P. 522- 526. Proc. Int. **Genet**. Symp., Tokyo and Kyoto.

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

Stuber, C.W., S.E. Lincoln, D.W. Wolff, T. Helentijaris and E.S. Lander. 1992. Identification of genetic factor contributing to heterosis in a hybrid from two elite maize in bread lines using molecular markers. **Genet**. 132 : 823 - 839.

Tollenaa, M. 1992. Is low plant density a stress in Maize. **Maydica**. 37 : 305-311.

Tracy, W.F. 1994. Sweet corn. Pp. 147-188. *In* **: A.R. Hallauer (ed.), Specialty corns. CRD** Press, Boca Raton, FL.

Treat, C.L. and W.F. Tracy. 1993. Contributions of dent corn germplasm to stalk and root quality in sweet corn. **Amer Soc Hort Sci J**. 118 : 885-889.

Tsai, C.Y. and D.V. Glover. 1974. Effect of the brittle-1 sugary-1 double mutant combination on carbohydrate and post-harvest quality of sweet corn. **Crop Sci**. 14 : 808-810.

Tsai, C. Y. and O.E. Nelson. 1966. Starch deficient maize mutant lacking adenosine diphosphate glucose pyrophosphorylase activity. **Crop Sci**. 151 : 341-343.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Troyer, A.F. 1999. Review and interpretation, Background of U.S. hybrid corn. **Crop Sci.** 39 : 601-626.

Troyer, A.F. and R.W. Rosenbrook. 1983. Utility of higher plant densities for corn performance testing. **Crop Sci.** 23 : 863-866.

Williams, M.P. and P.E. Nelson. 1973. Effects of hybrids and processing on dimethyl sulfide potential of sweet corn. **J Food Sci**. 38: 1136-1138.

Wann, E. V., G.B. Brown and W.A. Hills. 1971. Genetic modifications of sweet corn quality. **Amer Soc Hort Sci J**. 96 : 441-444.

Wann, E.V. 1986. Seed vigor and respiration of maize kernels with different endosperm genotypes. **Amer Soc Hort Sci J**. 105 : 31-34.

Wann, E.V. 1987. Registration of M 6388, M 6411 and M 6421 Sweet corn germplasm lines with high-sugar endosperm genotype. **Crop Sci**. 27 : 821-822.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก เมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)						จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก		เมล็ดฝาน (%)		วันออกดอก (50%)				วันเก็บเกี่ยว	
	ฝักเขียว[1/]		ฝักปอกเปลือก[2/]		ฝักปอกเปลือกดี[3/]								เพศผู้		เพศเมีย			
RK2/RK3	1,841	d-l	1,283	c-h	1,120	e-j	33	124	69.4	b-h	49.7	h-l	65	ab	67	ab	83	ab
RK2/RK4	1,815	f-m	1,085	j-p	1,002	h-n	36	111	60.9	k-p	53.9	b-k	61	h-l	64	e-j	80	e-j
RK2/RK5	2,052	b-e	1,247	c-j	1,118	e-j	34	123	65.1	f-n	54.9	a-i	60	lm	63	g-l	79	g-l
RK2/RK8	1,523	o-t	1,070	k-p	838	o-r	27	93	63.6	g-o	46.8	k-m	64	a-d	67	ab	83	ab
RK2/RK9	1,879	c-k	1,041	m-p	944	l-p	37	104	61.3	i-p	52.7	b-k	63	c-h	66	a-f	82	a-f
RK2/RK11	1,878	c-k	1,187	d-n	1,093	f-l	38	121	65.4	f-n	58.4	a-d	61	k-m	64	f-k	80	f-k
RK2/RK12	1,827	e-l	1,164	e-n	978	j-o	32	108	65.8	f-n	50.2	g-l	62	g-l	64	g-l	80	g-l
RK3/RK4	1,683	j-q	1,105	i-p	941	l-p	33	104	66.7	e-m	58.9	a-c	62	e-j	64	d-i	80	d-i
RK3/RK5	1,896	c-j	1,183	d-n	1,057	f-m	35	117	64.0	g-o	56.2	a-h	62	e-j	63	h-l	79	h-l
RK3/RK8	2,054	b-d	1,222	e-k	1,109	e-j	34	122	62.2	h-p	54.8	a-j	61	i-m	64	f-k	80	f-k
RK3/RK9	1,836	d-l	1,085	j-p	1,005	h-n	35	111	60.0	m-p	57.2	a-g	62	g-l	65	c-h	81	c-h
RK3/RK11	1,967	b-f	1,225	c-k	1,124	e-j	38	124	65.5	f-n	52.5	b-k	63	b-g	64	d-i	80	d-i

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)						จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก		เมล็ดฝาน (%)		วันออกดอก (50%)				วันเก็บเกี่ยว	
	ฝักเขียว[1/]		ฝักปอกเปลือก[2/]		ฝักปอกเปลือกดี[3/]								เพศผู้		เพศเมีย			
RK3/RK12	1,927	b-h	1,199	d-n	1,096	f-l	38	121	64.3	g-n	57.1	a-g	61	h-l	64	e-j	80	e-j
RK4/RK5	1,511	o-t	945	p-r	801	p-s	33	88	60.2	l-p	57.2	a-g	62	f-k	64	f-k	80	f-k
RK4/RK8	1,698	i-p	1,170	d-n	1,019	g-n	34	112	70.3	b-g	57.6	a-e	62	e-j	64	e-j	80	e-j
RK4/RK9	1,584	n-r	1,072	k-p	953	k-p	36	105	67.5	d-l	56.1	a-h	60	m	62	jl	78	j-l
RK4/RK11	1,947	b-g	1,100	j-p	993	h-o	37	110	59.9	m-p	55.5	a-i	62	g-l	64	f-k	80	f-k
RK4/RK12	1,878	c-k	1,291	c-g	1,149	d-h	35	127	69.2	b-h	57.1	a-g	62	f-k	64	f-k	80	f-k
RK5/RK8	1,916	b-i	1,329	c-e	1,170	c-g	35	129	70.8	b-g	57.0	a-g	61	k-m	63	h-l	79	h-l
RK5/RK9	1,304	t-v	821	rs	679	r-t	32	75	63.7	g-o	48.4	i-m	65	ab	67	a	83	a
RK5/RK11	2,139	b	1,394	bc	1,303	cd	37	144	65.1	f-n	55.9	a-h	61	h-l	64	g-l	80	g-l
RK5/RK12	1,970	b-f	1,119	h-o	986	i-o	34	109	55.6	p	51.2	d-l	61	k-m	63	i-l	79	i-l
RK8/RK9	1,842	d-l	1,270	c-i	1,138	e-h	36	126	67.9	d-j	53.6	b-k	62	g-l	64	g-l	80	g-l
RK8/RK11	1,727	g-o	1,121	g-o	1,024	g-n	38	113	63.7	g-o	58.3	a-d	61	i-m	64	d-i	80	d-i
RK9/RK11	1,838	d-l	1,105	i-p	1,024	g-n	36	113	59.4	n-p	52.1	c-k	62	e-j	64	e-j	80	e-j

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)			จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก	เมล็ดฝาน (%)	วันออกดอก (50%)		วันเก็บเกี่ยว
	ฝักเขียว[1/]	ฝักปอกเปลือก[2/]	ฝักปอกเปลือกดี[3/]					เพศผู้	เพศเมีย	
RK12/RK11	1,894 c-j	1,206 d-m	1,087 f-l	35	120	64.9 f-n	57.5 a-f	61 i-m	63 g-l	79 g-l
RK13/RK14	2,098 bc	1,312 c-f	1,260 c-e	38	139	64.1 g-o	52.3 b-k	64 b-f	66 a-d	82 a-d
RK13/RK16	1,680 j-q	1,142 g-o	1,041 g-n	35	115	66.6 f-n	50.8 e-l	64 b-f	66 a-e	82 a-e
RK13/RK17	1,495 p-t	980 o-r	922 m-q	37	102	68.3 c-j	50.3 f-l	64 b-e	66 a-c	82 a-c
RK13/RK19	1,783 f-n	1,211 d-l	1,147 d-h	39	127	67.2 d-m	58.8 a-c	62 e-j	66 a-f	82 a-f
RK13/RK20	1,655 k-q	1,211 e-k	1,146 d-h	38	126	70.9 a-g	61.9 a	62 g-l	64 e-j	80 e-j
RK14/RK16	1,630 l-r	1,124 g-o	980 i-o	36	108	69.4 b-h	54.1 b-j	61 i-m	64 e-j	80 e-j
RK14/RK20	1,912 c-i	1,316 c-e	1,202 c-f	31	133	68.8 c-h	44.7 lm	64 b-f	66 a-f	82 a-f
RK16/RK17	1,532 p-t	1,144 f-o	1,026 g-n	36	113	75.4 a-c	51.0 e-l	64 a-d	66 a-e	82 a-e
RK16/RK19	1,513 o-t	1,030 o-q	926 m-q	36	102	69.1 c-g	53.1 b-k	60 lm	62 l	78 l
RK16/RK20	1,591 m-r	1,185 d-n	1,087 f-l	35	120	74.3 a-d	57.5 a-f	61 i-m	64 g-l	80 g-l
RK17/RK19	1,353 s-v	868 q-s	778 q-t	37	86	64.3 g-n	57.7 a-e	62 g-l	63 h-l	79 h-l
RK17/RK20	1,468 q-u	975 o-r	885 n-q	38	98	68.4 c-h	55.9 a-h	63 e-j	64 f-k	80 f-k

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)			จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก	เมล็ดฝาน (%)	วันออกดอก (50%)		วันเก็บเกี่ยว
	ฝักเขียว[1/]	ฝักปอกเปลือก[2/]	ฝักปอกเปลือกดี[3/]					เพศผู้	เพศเมีย	
RK19/RK20	1,244 uv	748 s	666 st	35	74	61.1 j-p	49.8 h-l	60 lm	64 g-l	80 g-l
ATS5	1,638 l-r	1,175 d-n	948 l-p	35	105	71.8 a-f	53.8 b-k	62 f-k	66 a-e	82 a-e
Hybrix3	1,186 v	766 s	630 t	33	70	65.9 f-n	49.8 h-l	61 j-m	64 e-j	80 e-j
Hybrix39	2,494 a	1,746 a	1,670 a	35	184	74.0 a-e	42.1 m	66 a	67 a	83 a
Hybrix53	1,953 b-g	1,543 b	1,473 b	36	163	78.2 a	55.1 a-i	64 a-c	65 b-g	81 b-f
Pacs9230	1,880 c-k	1,340 cd	1,320 bc	37	146	74.5 a-d	56.1 a-h	64 a-d	65 b-g	81 b-f
Insee2	1,534 n-r	1,005 o-p	906 m-q	36	100	65.3 g-p	55.9 a-h	59 n	62 kl	78 kl
Mean	1,752.0	1,148.0	1,033.7			66.43	54.05	62.0	64.3	80.3
F-test	**	**	**			**	**	**	**	**
C.V.%	9.19	10.53	11.01			7.81	9.47	1.84	2.02	1.61

หมายเหตุ [1/] ฝักเขียว = ฝักสดรวมเปลือก [2/] ฝักปอกเปลือก = ฝักสดปอกเปลือก

[3/] ฝักปอกเปลือกดี = ฝักสดปอกเปลือกที่คัดเฉพาะฝักสมบูรณ์

[4/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb	Virus				
RK2/RK3	2.3	3.0 a-c	2.0 a-d	2.8 b-e	3.0	167 d-l	77 i-l
RK2/RK4	2.3	3.0 a-c	1.8 b-e	2.5 c-e	2.8	173 a-l	85 b-l
RK2/RK5	2.3	3.3 ab	2.5 ab	3.0 a-d	3.0	173 b-l	88 a-i
RK2/RK7	2.3	3.3 ab	1.8 b-e	3.3 a-c	2.8	182 a-h	88 a-i
RK2/RK8	2.3	3.0 a-c	1.5 c-e	3.3 a-c	3.0	162 h-l	81 f-l
RK2/RK9	2.3	3.3 ab	1.5 c-e	2.8 b-e	2.3	176 a-k	86 a-k
RK2/RK11	2.3	3.0 a-c	1.3 de	3.0 a-d	2.5	181 a-h	89 a-h
RK2/RK12	2.3	2.8 a-d	1.3 de	3.0 a-d	2.5	170 d-l	80 f-l
RK3/RK4	2.0	2.0 d	2.3 a-c	2.8 b-e	2.8	186 a-d	90 a-g
RK3/RK5	2.3	3.0 a-c	1.8 b-e	2.8 b-e	2.5	180 a-i	91 a-g
RK3/RK8	2.5	2.5 b-d	1.8 b-e	3.5 ab	2.5	182 a-g	89 a-h
RK3/RK9	2.0	2.5 b-d	2.0 a-d	2.8 b-e	2.8	174 a-l	84 c-l

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb	Virus				
RK3/RK11	2.0	2.3 cd	1.5 c-e	2.3 de	2.5	172 b-l	81 f-l
RK3/RK12	1.8	2.3 cd	1.3 de	2.0 e	2.0	181 a-h	91 a-g
RK4/RK5	2.0	3.3 ab	2.3 a-c	3.3 a-c	3.3	179 a-i	89 a-h
RK4/RK8	2.0	2.8 a-d	2.0 a-d	2.5 c-e	2.5	172 b-l	87 a-j
RK4/RK9	2.3	2.8 a-d	2.0 a-d	3.8 a	2.8	174 a-l	86 a-k
RK4/RK11	2.3	3.0 a-c	2.0 a-d	3.0 a-d	3.0	171 c-l	83 d-l
RK4/RK12	1.8	2.3 cd	2.3 a-c	2.0 e	2.5	193 a	97 a
RK5/RK8	2.5	2.5 b-d	1.8 b-e	3.0 a-d	2.5	177 a-k	88 a-i
RK5/RK9	2.0	2.5 b-d	1.5 c-e	2.5 c-e	2.8	155 l	74 lm
RK5/RK11	2.8	2.5 b-d	2.0 a-d	2.9 b-d	2.5	180 a-i	87 a-j
RK5/RK12	2.0	2.8 a-d	1.5 c-e	3.0 a-d	3.0	170 d-l	82 f-l
RK8/RK9	2.0	2.5 b-d	2.7 a	2.5 c-e	2.8	182 a-f	86 a-k
RK8/RK11	2.5	2.3 cd	1.5 c-e	2.8 b-e	2.8	173 b-l	86 a-k
RK9/RK11	1.8	2.3 cd	1.0 e	2.3 de	2.5	132 m	62 n

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb	Virus				
RK12/RK9	2.3	2.8 a-d	2.0 a-d	2.5 c-e	2.5	176 a-k	86 a-l
RK12/RK11	2.3	2.3 cd	1.3 de	2.8 b-e	2.5	170 d-l	85 b-l
RK13/RK14	2.0	2.5 b-d	1.0 e	2.5 c-e	2.5	157 kl	76 j-m
RK13/RK16	2.0	2.3 cd	2.5 ab	2.3 de	2.8	170 d-l	80 g-l
RK13/RK17	2.3	2.8 a-d	1.0 e	2.8 b-e	2.5	161 i-l	78 h-l
RK13/RK19	2.3	2.5 b-d	2.0 a-d	2.8 b-e	2.3	170 d-l	87 a-k
RK13/RK20	2.3	2.5 b-d	1.3 de	2.8 b-e	2.3	175 a-k	90 a-g
RK14/RK16	2.3	2.5 b-d	1.0 e	2.5 c-e	2.3	185 a-e	96 ab
RK14/RK20	2.0	3.0 a-c	1.5 c-e	3.0 a-d	2.5	172 b-l	88 a-i
RK16/RK17	1.8	2.5 b-d	1.8 b-e	2.5 c-e	3.0	164 f-l	81 f-l
RK16/RK19	2.5	2.5 b-d	1.0 e	2.8 b-e	2.5	180 a-i	92 a-f
RK16/RK20	2.3	2.0 d	1.0 e	2.3 de	2.3	190 a-c	94 a-d
RK17/RK19	2.5	2.8 a-d	1.3 de	3.0 a-d	2.3	169 d-l	86 a-l
RK17/RK20	1.8	3.0 a-c	1.3 de	3.0 a-d	2.0	185 a-e	91 a-g

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb	Virus				
RK19/RK20	2.0	2.5 b-d	1.5 c-e	2.3 de	2.8	162 g-l	78 h-l
ATS5	2.0	3.0 a-c	1.3 de	3.0 a-d	2.0	162 g-l	66 m
Hybrix3	2.8	3.5 a	2.0 a-d	3.8 a	2.0	163 f-l	87 a-j
Hybrix39	2.0	2.3 cd	1.5 c-e	2.8 b-e	1.5	179 a-i	94 a-c
Hybrix53	1.8	2.5 b-d	2.3 a-c	2.5 c-e	1.5	185 a-e	88 a-i
Pacs9230	1.8	2.5 b-d	1.5 c-e	2.5 c-e	2.0	191 ab	93 a-e
Insee2	2.0	2.2 d	1.3 de	2.2 ef	2.0	157 j-l	82 e-l
Mean	2.14	2.64	1.64	2.74	2.47	173.0	84.9
F-test[2/]	ns	**	**	**	ns	**	**
C.V.%	23.6	20.5	40.3	20.1	28.1	8.1	9.7

หมายเหตุ [1/] คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

Lb = leaf blight, Clean = ความสะอาดของต้น

[3/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก	ความลึกเมล็ด	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]	(ซม.)	(ซม.)	
RK2/RK3	354.0 a-c	288.3 ab	14.4 k-r	16.9 e-m	13.5 d-o	3.3 c-m	4.2 a-h	1.17	17 b-d
RK2/RK4	254.2 e-i	185.5 e-k	14.5 j-r	15.7 l-p	13.2 e-q	2.5 k-o	4.1 b-j	1.14	16 b-e
RK2/RK5	258.6 e-i	197.1 d-k	15.3 c-l	17.0 e-l	14.0 b-j	2.7 j-o	4.3 a-e	1.19	16 d-k
RK2/RK7	362.1 ab	288.8 ab	13.8 rs	15.2 n-p	11.2 tu	4.0 b-j	4.1 b-j	1.07	13 q
RK2/RK8	317.5 a-e	273.1 a-c	14.0 n-s	15.8 k-p	11.2 s-u	4.6 b-e	4.0 c-l	1.05	15 f-l
RK2/RK9	274.6 d-i	222.8 c-h	15.0 f-p	15.5 m-p	13.2 f-q	2.3 m-o	4.2 a-h	1.11	16 d-k
RK2/RK11	302.3 a-g	230.0 b-h	15.1 d-n	17.7 c-i	14.7 b-g	2.9 g-o	4.5 a	1.20	15 d-l
RK2/RK12	268.4 e-i	215.0 c-h	14.7 i-r	17.0 e-l	14.3 b-i	3.0 f-o	4.4 a-c	1.09	15 i-n
RK3/RK4	320.3 a-e	246.2 a-e	15.8 b-h	17.2 e-k	15.0 a-e	2.2 m-o	4.2 a-h	1.09	16 c-i
RK3/RK5	288.9 c-h	233.2 b-g	15.4 c-k	17.5 c-j	15.7 a-b	1.8 o	4.0 d-l	1.15	15 i-n
RK3/RK8	254.7 e-i	217.4 c-h	15.3 c-l	17.3 d-j	13.7 d-n	3.7 b-m	4.2 a-h	1.11	14 l-p
RK3/RK9	235.7 f-j	197.7 d-k	14.2 o-s	17.3 d-j	14.5 b-h	2.8 i-o	4.0 d-l	1.15	15 d-l
RK3/RK11	263.7 e-i	215.1 c-h	15.3 c-l	18.2 b-e	15.2 a-d	3.0 g-o	4.2 a-i	1.14	16 c-j

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก (ซม.)	ความลึกเมล็ด (ซม.)	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]			
RK3/RK12	368.0 a	300.5 a	15.9 b-g	17.3 d-j	14.3 b-i	3.0 f-o	4.2 a-h	1.06	16 c-k
RK4/RK5	286.2 d-i	214.1 c-h	14.8 h-r	15.0 n-p	12.1 l-u	3.0 g-o	4.2 a-h	1.17	15 i-n
RK4/RK8	251.7 e-i	197.2 d-k	16.0 b-f	17.5 c-j	14.3 b-i	3.2 e-m	4.1 c-k	1.16	15 e-l
RK4/RK9	270.4 e-i	210.5 d-i	15.9 b-g	14.5 p	12.2 k-u	2.3 l-o	3.8 g-m	1.11	14 k-o
RK4/RK11	254.4 e-i	204.0 d-k	15.3 c-l	16.3 g-o	12.0 m-u	4.3 b-g	4.2 a-h	1.13	15 h-l
RK4/RK12	242.6 f-j	178.0 f-k	16.0 b-f	17.7 c-h	14.9 a-f	2.8 i-o	3.9 e-l	1.17	16 c-k
RK5/RK8	256.6 e-i	209.6 d-j	15.1 d-m	17.7 c-g	14.4 b-i	3.3 d-m	3.9 e-l	1.10	15 g-m
RK5/RK9	345.1 a-d	273.8 a-c	13.9 p-s	15.0 op	13.1 f-r	1.9 no	3.4 n	1.03	16 c-i
RK5/RK11	280.9 d-i	226.7 b-h	14.6 i-r	17.1 e-l	14.7 b-g	2.5 k-o	4.5 ab	1.11	16 b-h
RK5/RK12	294.2 b-h	223.8 c-h	15.4 c-k	14.6 p	11.6 q-u	3.0 f-o	3.8 i-n	1.07	13 pq
RK8/RK9	318.4 a-e	254.0 a-d	15.1 d-m	17.4 c-j	14.0 b-k	3.5 b-m	4.5 ab	1.14	16 c-i
RK8/RK11	308.6 a-f	249.2 a-d	15.4 c-k	15.5 m-p	11.8 o-u	3.8 b-l	4.0 c-l	1.15	16 d-k
RK9/RK11	255.8 e-i	202.8 d-k	16.3 a-c	16.1 j-o	12.3 j-u	3.9 b-l	4.2 a-g	1.11	16 b-f

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก (ซม.)	ความลึกเมล็ด (ซม.)	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]			
RK12/RK9	280.2 d-i	208.0 d-k	16.1 b-e	17.1 e-l	13.7 d-n	3.5 b-m	4.0 c-l	1.13	16 c-i
RK12/RK11	258.0 e-i	206.8 d-k	14.7 i-r	16.7 e-m	14.5 b-i	2.3 l-o	4.3 a-d	1.20	15 g-m
RK13/RK14	285.9 c-i	236.9 b-f	14.0 o-s	17.9 b-f	13.7 c-m	4.2 b-i	3.8 h-n	1.25	15 e-l
RK13/RK16	294.6 b-h	222.7 c-h	16.6 ab	18.7 a-d	13.9 c-l	4.8 b	3.9 f-l	1.14	16 b-h
RK13/RK17	224.4 h-j	147.9 jk	15.4 c-k	16.1 j-o	11.3 r-u	4.8 b-d	3.4 mn	1.17	17 a-c
RK13/RK19	222.8 h-j	169.9 h-k	17.2 a	18.2 b-e	14.4 b-i	3.8 b-m	3.9 e-l	1.09	15 j-o
RK13/RK20	221.9 h-j	170.9 g-k	15.6 b-i	17.1 e-l	12.8 h-t	4.4 b-g	4.2 a-f	1.07	16 b-g
RK14/RK16	275.3 d-i	210.1 d-j	15.0 e-o	17.3 d-k	14.5 b-i	3.1 f-m	4.0 c-l	1.11	15 d-l
RK14/RK20	214.8 ij	150.2 i-k	16.6 ab	18.2 b-e	13.7 c-n	4.5 b-f	4.3 a-f	1.16	16 c-i
RK16/RK17	270.1 e-i	206.3 d-k	15.8 b-h	16.5 f-n	11.7 p-u	4.8 bc	3.7 k-n	1.13	17 ab
RK16/RK19	277.7 d-i	202.2 d-k	16.0 b-f	16.3 g-o	13.3 e-q	3.1 f-o	3.9 e-l	1.08	14 m-q
RK16/RK20	280.2 d-i	221.4 c-h	15.3 c-l	17.3 d-j	14.6 b-g	2.7 i-o	4.2 a-h	1.14	15 g-m
RK17/RK19	265.2 e-i	216.6 c-h	15.2 d-m	16.2 i-o	11.9 o-u	4.3 b-h	3.9 e-l	1.18	15 i-l

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก (ซม.)	ความลึกเมล็ด (ซม.)	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]			
RK17/RK20	267.5 e-i	206.6 d-k	14.9 g-q	16.7 f-m	12.7 i-t	4.0 b-k	3.9 e-l	1.17	15 g-m
RK19/RK20	252.8 e-i	191.6 d-k	15.0 e-o	15.4 m-p	11.7 o-u	3.7 b-m	3.7 j-n	1.02	13 o-q
ATS5	171.6 j	146.8 k	14.6 i-r	15.4 m-p	11.4 r-u	4.1 b-j	3.9 f-l	1.16	13 n-q
Hybrix3	319.0 a-e	252.0 a-d	13.9 q-s	14.6 p	10.7 u	3.8 b-l	3.4 mn	1.07	17 a-c
Hybrix39	285.1 c-i	231.3 b-h	14.5 j-r	20.0 a	13.4 e-o	6.6 a	4.3 a-f	1.12	18 a
Hybrix53	233.5 g-j	200.2 d-k	14.6 i-r	18.9 a-c	15.5 a-c	3.4 b-m	4.2 a-h	1.17	17 b-d
Pacs9230	242.2 f-j	204.3 d-k	14.3 l-r	19.2 ab	16.6 a	2.6 j-o	4.3 a-f	1.14	16 b-h
Insee2	267.4 e-i	219.6 c-h	16.1 b-d	16.2 j-n	13.3 e-p	2.8 h-o	3.7 l-n	1.04	13 q
Mean	273.5	216.0	15.1	16.8	13.4	3.4	4.04	1.13	15.3
F-test[3/]	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
C.V.%	19.1	20.7	5.1	6.2	9.5	31.0	7.03	8.12	5.85

หมายเหตุ [1/] Germinal = เปลือกเมล็ดด้านต้นอ่อน, Abgerminal = เปลือกเมล็ดด้านตรงข้ามต้นอ่อน [2/] ปลายฝักเปลือย = ค่าความยาวสุดของฝัก-ความยาวติดเมล็ด

[3/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 43 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดภายในแต่ละกลุ่มของ (A, B) และ C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีฝักและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK2/RK3	2.8	2.8	2.5	2.5	2.8	สีเหลืองออกส้มเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	รสชาติดี แข็งเล็กน้อย ฝักสวย
RK2/RK5	2.3	2.0	2.3	2.3	2.0	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ หวาน
RK2/RK4	2.5	2.5	2.5	2.3	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	มีกลิ่น
RK2/RK7	3.3	2.5	3.0	2.8	3.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	ไม่อร่อย แข็ง
RK2/RK8	3.5	3.5	3.0	3.3	3.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	ไม่หวาน ซังติดออกมาด้วย
RK2/RK9	2.8	2.5	2.5	2.5	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	หวานเล็กน้อย
RK2/RK11	2.5	2.5	2.3	2.5	2.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	pericarpติดฟันเล็กน้อย
RK2/RK12	2.3	2.8	2.3	2.5	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	แข็ง pericarp หนา
RK3/RK4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	อร่อย หวาน ไม่ติดฟัน แข็งเล็กน้อย
RK3/RK5	2.8	2.8	2.5	2.5	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กลิ่นแปลก pericarp หนา
RK3/RK8	3.0	3.3	3.5	3.0	3.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอ่อน	pericarp หนา ติดฟัน
RK3/RK9	3.3	2.3	1.8	2.3	2.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ ไม่หวาน
RK3/RK11	2.0	2.5	2.5	2.3	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	หวาน กรอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีฝักและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK3/RK12	2.3	1.8	1.8	2.0	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	กรอบ หวาน อร่อย
RK4/RK5	1.8	2.3	1.8	2.0	2.0	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	กรอบ หวาน มีกลิ่น อร่อย
RK4/RK8	1.5	2.0	1.8	1.5	1.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	มีกลิ่นแปลกดี กรอบ หวานมาก
RK4/RK9	3.3	4.0	3.8	3.5	3.8	สีเหลืองแก่เข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	ไม่กรอบ ไม่หวาน pericarp หนา
RK4/RK11	2.5	2.8	2.5	2.5	2.8	สีเหลืองซีดไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	แข็ง pericarp หนา เหนียว
RK4/RK12	2.3	2.0	2.0	2.0	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ หวาน
RK5/RK8	2.0	2.3	2.3	2.0	2.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	หวาน กรอบ
RK5/RK9	2.8	2.8	2.8	2.3	3.0	สีเหลืองซีดไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	ไม่อร่อย แข็ง
RK5/RK11	2.5	2.8	2.5	2.5	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	แข็ง pericarp หนา
RK5/RK12	2.3	2.8	2.8	2.8	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	แข็ง pericarp หนา
RK8/RK9	2.5	2.5	2.0	2.0	2.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	กรอบ หวาน อร่อย
RK8/RK11	2.3	3.0	1.8	2.0	2.3	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอ่อน	มีกลิ่น กรอบ หวาน นุ่ม
RK9/RK11	2.0	1.8	1.5	1.5	1.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	กรอบ หวาน ไม่ติดฟัน อร่อย
RK12/RK9	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ หวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีฝักและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK12/RK11	3.0	3.0	3.0	2.8	3.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	นุ่ม มีกลิ่นแปลกๆ
RK13/RK14	3.3	2.5	3.0	2.8	3.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	แข็ง ไม่หวาน pericarp หนา
RK13/RK16	2.8	3.0	2.8	2.8	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	รสชาติกลางๆ เมล็ดมีหนาม
RK13/RK17	2.5	2.3	2.3	2.5	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	สีฝักไม่สวย เมล็ดมีหนาม อร่อยดี กรอบ ไม่ติดฟัน
RK13/RK19	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	สีเหลืองสลับขาว ไหมสีน้ำตาล	สีฝักไม่สวย อร่อยดี หวาน กรอบ ไม่ติดฟัน
RK13/RK20	2.5	2.3	2.3	2.3	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	มีกลิ่น ฝักใหญ่ เหมาะเข้าโรงงาน
RK14/RK16	2.0	2.0	1.8	1.8	2.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลเข้ม	มีกลิ่นหอม กรอบ หวาน อร่อย
RK14/RK20	2.0	2.5	2.0	2.5	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ หวาน
RK16/RK17	2.5	2.0	1.8	2.3	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	มีกลิ่น กรอบเค้ง
RK16/RK19	2.0	2.5	2.0	2.5	3.0	สีเหลืองเข้มสวยไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	มีกลิ่น กรอบ หวาน
RK16/RK20	1.8	2.3	2.3	2.0	2.3	สีเหลืองสลับสีขาว ไหมสีน้ำตาล	มีกลิ่นแปลกดี หวานมาก ติดฟันเล็กน้อย
RK17/RK19	1.8	1.8	2.0	1.8	2.0	สีเหลืองนวลไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	หวาน กรอบ อร่อย
RK17/RK20	3.0	2.8	2.8	2.8	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	กรอบดี
RK19/RK20	2.5	2.8	2.8	2.3	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	รถชาติกลางๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีฝักและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
ATS5	1.8	1.8	1.5	1.3	1.8	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว เมล็ดใส ไหมสีเหลือง	กรอบ หวาน อร่อย
Hybrix3	2.5	2.0	2.3	2.0	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอ่อน	กรอบ หวาน
Hybrix39	1.3	1.3	1.5	1.3	1.3	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอ่อน	กรอบ หวาน นุ่ม
Hybrix53	2.3	1.8	1.5	1.5	2.0	สีเหลืองอ่อนไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลือง	กรอบ หวาน อร่อย
Pacs9230	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	สีเหลืองนวลไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองทอง	กรอบ หวาน นุ่ม อร่อย
Insee2	2.2	2.3	2.0	2.3	2.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	หอม หวาน กรอบ pericarp ติดฟันเล็กน้อย

หมายเหตุ [1/] ความบาง = ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด

คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ผลผลิตฝักสด อัตราแลกฝัก เมล็ดฝาน วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสม เปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)						จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก (%)		เมล็ดฝาน (%)		วันออกดอก (50%)				วันเก็บเกี่ยว	
	ฝักเขียว[1/]		ฝักปอกเปลือก[2/]		ฝักปอกเปลือกดี[3/]								เพศผู้		เพศเมีย			
RK2/13	1549	hi	1049	f-k	999	f-i	37	114	67.6	d-g	60.2	ab	61	d-h	64	e-g	80	e-g
RK2/14	1663	e-i	1002	h-l	909	h-k	36	104	61.7	h	50.9	fg	61	d-h	63	gh	79	gh
RK2/16	1823	b-f	1251	b-d	1162	b-e	37	133	68.9	c-g	53.2	d-g	62	d-f	65	c-f	81	c-f
RK2/17	1701	d-g	1173	c-g	1092	d-g	37	125	69.1	b-g	58.5	a-d	61	d-g	64	d-g	80	d-g
RK4/13	1829	b-f	1185	c-f	1038	e-h	36	119	65.0	f-h	54.2	c-g	60	gh	63	gh	79	gh
RK4/14	1585	g-i	1079	e-j	987	f-i	26	113	68.5	d-g	50.7	fg	64	ab	66	bc	82	bc
RK4/16	1806	b-f	1272	b-d	1121	c-f	33	128	70.5	c-f	50.2	g	61	e-h	63	gh	79	gh
RK4/17	1867	a-d	1291	b-d	1167	b-e	37	134	69.5	b-f	57.0	a-e	61	e-h	63	f-h	79	f-h
RK4/19	1554	hi	967	j-l	842	i-k	35	96	62.0	h	56.9	a-e	61	d-h	63	f-h	79	f-h
RK4/20	1499	i	1016	g-k	956	g-j	39	109	68.0	d-g	56.7	a-e	61	d-h	64	e-g	80	e-g
RK9/RK13	1944	ab	1198	b-e	1070	d-g	36	122	61.7	h	53.4	d-g	60	h	61	i	77	i
RK9/RK14	1816	b-f	1196	b-f	1101	d-g	35	126	66.0	e-h	57.9	a-e	61	e-h	64	d-g	80	d-g

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)			จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก (%)	เมล็ดฝาน (%)	วันออกดอก (50%)		วันเก็บเกี่ยว
	ฝักเขียว[1/]	ฝักปอกเปลือก[2/]	ฝักปอกเปลือกดี[3/]					เพศผู้	เพศเมีย	
RK9/RK16	1837 a-e	1291 b-d	1193 b-e	37	137	70.3 b-f	56.8 a-e	61 d-h	63 f-h	79 f-h
RK9/RK17	1892 a-c	1269 b-d	1226 b-d	39	140	66.9 d-h	62.2 a	62 cd	64 d-g	80 d-g
RK11/RK13	1596 g-i	1054 e-k	807 jk	28	92	66.4 e-h	53.3 d-g	62 c-e	64 d-g	80 d-g
RK11/RK16	1689 d-g	1214 b-e	1176 b-e	40	135	72.0 b-d	55.9 b-f	62 c-e	65 c-e	81 c-d
RK11/RK17	1284 j	851 l	760 k	35	87	66.0 e-h	54.6 c-g	62 d-f	64 e-g	80 e-g
RK11/RK19	1741 c-g	1149 d-i	1066 e-h	36	122	65.8 e-h	55.1 b-g	61 d-h	62 hi	78 hi
RK11/RK20	1649 f-i	1161 c-h	1076 d-g	37	123	70.4 b-f	54.6 c-g	62 d-f	65 cd	81 cd
ATS5	1652 f-i	1164 c-h	1066 e-h	36	122	70.9 b-e	53.9 c-g	64 ab	68 a	84 a
Hybrix3	1238 j	904 kl	784 k	35	90	72.3 b-d	52.8 fg	60 f-h	64 e-g	80 e-g
Hybrix39	1822 b-f	1357 b	1278 bc	37	146	74.5 ab	50.4 fg	66 a	68 ab	84 ab
Hybrix53	2017 a	1609 a	1560 a	39	178	79.7 a	59.0 a-c	64 b	65 c-e	81 c-e
Pacs9230	1790 b-f	1324 b-c	1281 b	39	147	74.2 bc	58.4 a-d	63 bc	65 c-f	81 c-f
Insee2	1556 hi	993 i-l	874 i-k	34	100	63.8 gh	55.1 b-g	60 h	62 hi	78 hi

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

คู่ผสม	ผลผลิต (กก./ไร่)			จำนวนฝักปอกเปลือกดี	% of check ฝักปอกเปลือกดี	อัตราแลกฝัก (%)	เมล็ดฝาน (%)	วันออกดอก (50%)		วันเก็บเกี่ยว
	ฝักเขียว[1/]	ฝักปอกเปลือก[2/]	ฝักปอกเปลือกดี[3/]					เพศผู้	เพศเมีย	
Mean	1696	1161	1064			68.5	55.3	62	64	80
F-test[4/]	**	**	**			**	**	**	**	**
C.V.%	8	10	11			5.7	7.2	2	2	1

หมายเหตุ [1/] ฝักเขียว = ฝักสดรวมเปลือก

[2/] ฝักปอกเปลือก = ฝักสดปอกเปลือก

[3/] ฝักปอกเปลือกดี = ฝักสดปอกเปลือกที่คัดเฉพาะฝักสมบูรณ์

[4/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ลักษณะทางเกษตรของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb	Virus				
RK2/13	2.0 b-d	2.3 de	1.3	2.3 cd	2.3 a-c	171 d-i	88 f-i
RK2/14	2.5 ab	2.5 c-e	1.5	3.0 a-c	2.0 b-d	157 j	76 kl
RK2/16	1.8 cd	2.3 de	2.0	2.5 cd	2.8 a	189 a-c	99 a-d
RK2/17	1.8 cd	2.5 c-e	1.8	2.3 d	1.8 cd	182 c-e	94 c-g
RK4/13	2.5 ab	3.0 bc	1.8	2.8 b-d	2.8 a	178 c-f	89 e-i
RK4/14	2.3 a-c	3.0 bc	1.3	3.0 a-c	2.5 ab	169 f-j	84 i-k
RK4/16	2.0 b-d	3.0 bc	1.5	2.5 cd	2.3 a-c	187 a-c	97 a-d
RK4/17	2.3 a-c	2.3 de	1.3	2.3 d	1.8 cd	183 b-d	96 b-f
RK4/19	1.8 cd	2.3 de	1.8	2.3 d	2.3 a-c	174 d-h	93 c-h
RK4/20	2.0 b-d	3.0 bc	1.8	2.8 b-d	2.0 b-d	179 c-f	93 c-g
RK9/RK13	2.5 ab	3.0 bc	1.5	3.0 a-c	2.8 a	179 c-f	92 c-i
RK9/RK14	2.3 a-c	2.8 b-d	1.5	2.8 b-d	2.3 a-c	182 c-e	91 d-i
RK9/RK16	1.8 cd	2.8 b-d	2.0	2.8 b-d	2.8 a	197 a	105 a
RK9/RK17	1.5 d	2.3 de	1.0	2.3 d	2.0 b-d	182 c-e	94 b-g

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

คู่ผสม	โรคทางใบ[1/]			Clean[1/]	Uniform[1/]	ความสูงต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)
	Rust	Lb	Virus				
RK11/RK13	2.8 a	3.8 a	1.8	3.5 a	2.8 a	157 j	75 l
RK11/RK16	1.8 cd	2.5 c-e	1.5	2.5 cd	2.0 b-d	177 c-h	88 f-i
RK11/RK17	2.3 a-c	3.0 bc	1.8	3.3 ab	2.8 a	170 e-i	86 g-j
RK11/RK19	2.5 ab	3.0 bc	1.5	3.0 a-c	2.8 a	173 d-h	89 e-i
RK11/RK20	2.0 b-d	2.5 c-e	1.3	2.8 b-d	2.3 a-c	171 e-i	89 e-i
ATS5	2.0 b-d	3.0 bc	1.8	3.0 a-c	2.0 b-d	166 g-j	79 j-l
Hybrix3	2.3 a-c	3.3 ab	1.5	3.0 a-c	2.0 b-d	165 h-j	87 g-j
Hybrix39	2.0 b-d	2.8 b-d	1.8	2.8 b-d	2.0 b-d	189 a-c	100 a-c
Hybrix53	1.5 d	2.0 e	2.0	2.3 d	1.8 cd	196 a	99 a-d
Pacs9230	1.5 d	2.3 de	1.8	2.3 d	1.5 d	196 ab	103 ab
Insee2	2.0 b-d	2.3 de	1.3	2.3 d	2.0 b-d	159 ij	84 h-j
Mean	2.0	2.7	1.6	2.7	2.2	177	91
F-test[2/]	**	**	ns	**	**	**	**
C.V.%	21.0	14.5	25.3	18.1	23.0	5	7

หมายเหตุ [1/] คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5 , Lb = leaf blight , Clean = ความสะอาดของต้น

[2/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ลักษณะคุณภาพของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก	ความลึกเมล็ด	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]	(ซม.)	(ซม.)	
RK2/13	204.1	172.9	14.2 c-e	16.9 f-l	12.7 f-j	4.3 b-g	4.0 c-h	1.17	16 a-c
RK2/14	211.4	153.2	13.7 de	15.3 m	12.6 g-j	2.6 h-k	3.9 c-h	1.14	14 f-h
RK2/16	224.0	190.6	16.8 a	17.5 e-i	13.1 d-j	4.4 b-e	4.0 c-h	1.11	16 a-c
RK2/17	154.0	112.1	16.0 a	17.5 e-i	14.9 b	2.6 i-k	4.0 c-h	1.25	16 b-d
RK4/13	223.7	177.5	16.3 a	16.8 g-l	13.0 d-j	3.8 c-j	4.1 c-f	1.17	15 c-f
RK4/14	236.3	183.3	14.6 c-e	17.8 d-h	12.8 e-j	5.1 bc	3.7 h	1.16	15 c-h
RK4/16	187.0	143.8	16.0 a	17.9 d-h	13.5 b-h	4.4 b-f	3.9 c-h	1.14	14 f-h
RK4/17	182.5	145.0	16.0 a	16.7 h-l	14.2 b-f	2.5 jk	4.2 b-d	1.21	15 b-f
RK4/19	188.8	141.4	15.9 ab	17.0 e-k	13.4 b-i	3.6 d-k	4.0 c-h	1.08	14 f-h
RK4/20	225.5	172.0	14.8 c	16.2 i-m	12.3 g-j	3.9 b-h	4.0 c-h	1.13	15 e-h
RK9/RK13	263.2	202.4	16.4 a	16.8 f-l	14.2 b-e	2.6 i-k	4.1 c-e	1.02	14 h-j
RK9/RK14	266.4	206.0	16.0 a	17.0 f-l	14.6 bc	2.4 k	4.1 b-d	1.13	14 f-h
RK9/RK16	250.8	207.2	16.5 a	17.8 d-h	14.8 b	3.1 f-k	4.1 b-d	1.14	15 e-h
RK9/RK17	248.4	211.3	16.3 a	17.5 e-j	14.5 b-d	3.0 g-k	4.2 b-d	1.14	15 c-h
RK11/RK13	245.8	192.0	14.7 cd	18.2 c-f	13.5 b-i	4.7 b-d	3.8 f-h	1.15	16 b-d
RK11/RK16	235.4	161.1	16.4 a	19.5 ab	14.3 b-d	5.2 b	3.8 gh	1.19	16 b-e

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

คู่ผสม	Pericarp(μ)[1/]		ความหวาน	ความยาวฝัก (ซม.)			ความกว้างฝัก	ความลึกเมล็ด	จำนวนแถว
	Germinal	Abgerminal	(%บริกซ์)	ยาวสุด	ยาวติดเมล็ด	ปลายฝักเปลือย[2/]	(ซม.)	(ซม.)	
RK11/RK17	177.5	129.6	13.8 c-e	15.7 lm	12.2 h-j	3.5 d-k	3.8 e-h	1.16	15 d-h
RK11/RK19	211.4	156.1	14.8 c	18.1 c-g	14.9 b	3.2 e-k	4.1 c-g	1.08	14 g-i
RK11/RK20	262.8	202.2	14.8 bc	18.3 b-e	13.2 c-i	5.2 b	4.1 c-g	1.21	15 c-g
ATS5	244.2	192.6	14.5 c-e	16.5 i-m	11.6 j	4.9 bc	3.8 d-h	1.17	15 d-h
Hybrix3	268.7	195.8	14.6 cd	15.8 k-m	11.9 ij	3.9 b-i	4.0 c-h	1.09	13 ij
Hybrix39	221.9	193.4	14.6 cd	20.0 a	13.4 b-i	6.6 a	4.2 a-c	1.16	17 a
Hybrix53	203.0	159.0	13.5 e	19.1 a-d	16.8 a	2.3 k	4.4 ab	1.26	17 ab
Pacs9230	199.2	162.2	14.7 cd	19.2 a-c	16.5 a	2.7 h-k	4.5 a	1.11	16 a-c
Insee2	238.6	191.1	16.1 a	16.2 j-m	13.8 b-g	2.4 k	3.7 h	1.08	12 j
Mean	223.0	174.1	15.3	17.4	13.7	3.7	4.0	1.14	15.0
F-test[3/]	ns	ns	**	**	**	**	**	ns	**
C.V.%	23.0	25.3	5.0	5.4	7.9	25.2	6.0	7.71	6.57

หมายเหตุ [1/] Germinal = เปลือกเมล็ดด้านต้นอ่อน, Abgerminal = เปลือกเมล็ดด้านตรงข้ามต้นอ่อน [2/]ปลายฝักเปลือย = ค่าความยาวสุดของฝัก-ความยาวติดเมล็ด

[3/] ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$, ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 คุณภาพการรับประทานหลังนึ่งของคู่ผสมข้าวโพดหวานพิเศษ (sh_2) ทั้งหมด 24 คู่ผสม ที่มาจากการผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial cross) ของ (2A, 2B) กับ 6C และพันธุ์ลูกผสมเปรียบเทียบ 6 สายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (เดือน มี.ค.-มิ.ย. 2554)

คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีเมล็ดและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK2/13	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	สีเหลืองอ่อน ไหมสีน้ำตาล	รสชาติดี หวาน
RK2/14	2.3	2.0	2.0	2.3	3.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	pericarpติดฟันเล็กน้อย
RK2/16	2.0	2.8	2.0	2.0	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	กรอบ
RK2/17	2.5	2.8	2.5	2.8	2.8	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	รสชาติกลางๆ
RK4/13	2.3	2.5	2.3	2.5	2.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	นุ่ม ไม่หวานมาก
RK4/14	3.0	2.8	2.8	2.5	2.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลเข้ม	มีกลิ่น
RK4/16	2.3	2.5	2.0	2.3	2.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	มีกลิ่นหอม
RK4/17	2.0	2.0	1.5	2.0	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	กรอบ
RK4/19	3.0	3.0	3.5	3.0	3.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	นุ่ม ไม่หวานมาก
RK4/20	2.0	2.3	2.8	2.5	3.0	สีเหลืองนวลสวย ไหมสีเหลืองเข้ม	มีกลิ่น
RK9/RK13	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ แข็งเล็กน้อย
RK9/RK14	2.3	2.8	2.0	2.3	2.5	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลเข้ม	pericarpติดฟันเล็กน้อย
RK9/RK16	2.3	2.8	2.5	2.3	3.0	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลือง	กลิ่นแปลก
RK9/RK17	2.5	3.0	2.8	2.5	2.8	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	pericarpติดฟันเล็กน้อย
RK11/RK13	4.0	3.5	3.8	4.0	4.0	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	แข็ง ไม่หวาน

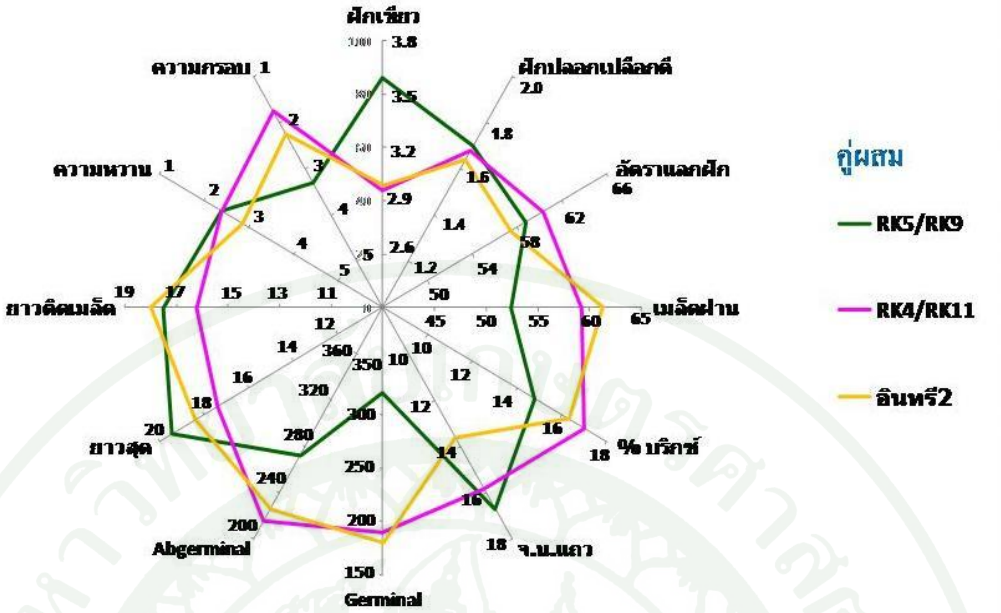
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

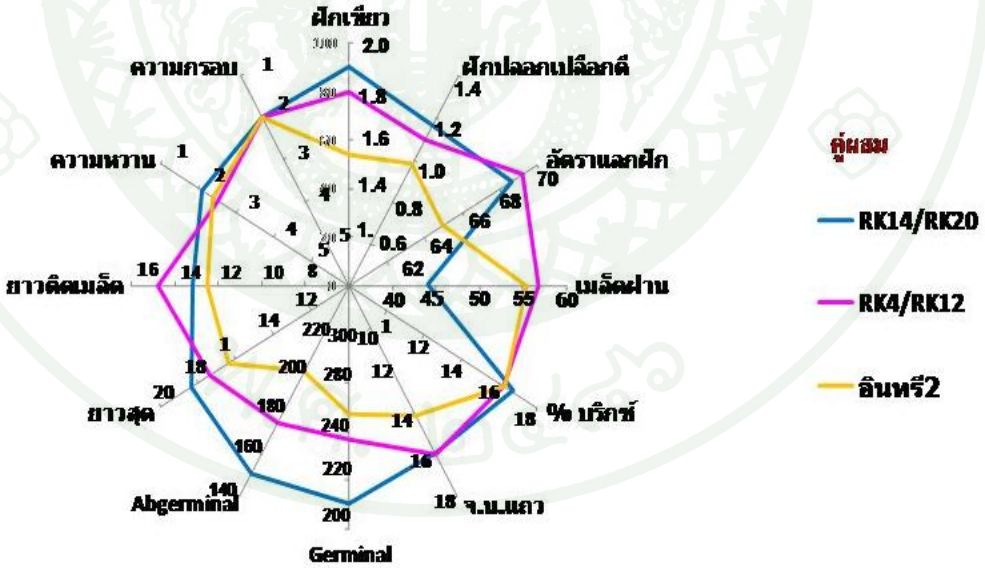
คู่ผสม	ความหวาน	ความบาง[1/]	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบ	สีเมล็ดและไหม	ลักษณะคุณภาพการรับประทาน
RK11/RK16	2.3	2.3	2.0	2.3	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	มีกลิ่นหอม
RK11/RK17	2.5	2.5	2.3	2.0	2.3	สีเหลืองเข้มไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาล	รสชาติดี กรอบ
RK11/RK19	3.0	2.8	3.3	3.0	3.0	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	นุ่ม ไม่หวานมาก
RK11/RK20	3.0	3.0	2.8	2.8	2.8	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	รสชาติกลางๆ
ATS5	2.8	2.5	2.5	2.5	2.8	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	รสชาติดี มีกลิ่น
Hybrix3	1.8	2.0	1.8	1.5	1.8	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอ่อน	หวาน กรอบ
Hybrix39	1.8	1.3	1.5	1.3	1.3	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ อร่อย ฝักใหญ่
Hybrix53	2.0	1.8	1.3	1.8	2.0	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอ่อน	กรอบ หวาน มีกลิ่น
Pacs9230	2.0	2.0	1.5	1.8	2.0	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีน้ำตาลอมเหลือง	กรอบ หวาน
Insee2	2.5	2.3	2.3	2.0	2.5	สีเหลืองไล่ระดับถึงสีขาว ไหมสีเหลืองอมน้ำตาล	มีกลิ่นหอม กรอบ

หมายเหตุ [1/] ความบาง = ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด
คะแนน 1 ดีที่สุดและลดหลั่นลงไปหาคะแนน 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 กราฟแสดงลักษณะโดยรวมของคู่ผสมที่เหมาะสมที่สุดในฤดูหนาว (เดือน ต.ค. 2553 – ม.ค. 2554) และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงลักษณะโดยรวมของคู่ผสมที่เหมาะสมที่สุดในฤดูร้อน (เดือน มี.ค. – มิ.ย. 2554) และพันธุ์เปรียบเทียบ (อินทรี 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวรุจิรา พูลพิพัฒน์
เกิดวันที่	24 เมษายน 2529
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วทบ.(เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักวิชาการเกษตร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์