



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
.....
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
.....
ปริญญา

พืชไร่

สาขา

พืชไร่

ภาควิชา

เรื่อง สมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *shrunk 2*

Combining Ability of *shrunk 2* Sweet Corn

นามผู้วิจัย นางสาวนันทยา วงษา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์วิจิตร ใจอารีย์, Dr.rer.agr.)

กรรมการ

(อาจารย์บุบผา คงสมัย, Ph.D.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กษิณิษฐ์ เจริญวรรณ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สนธิชัย จันทน์เปรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *shrunk 2*

Combining Ability of *shrunk 2* Sweet Corn

โดย

นางสาวนันทยา วงษา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2552

นันทยา วงษา 2552: สมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน
shrunkn 2 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่
ภาควิชาพืชไร่ ภาชานกรรมการที่ปริญา: อาจารย์ยวิติตร ใจอารี, Dr.rer.agr.
65 หน้า

การประเมินสมรรถนะการรวมตัวของสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน
shrunkn 2 จำนวน 8 สายพันธุ์ซึ่งเป็นสายพันธุ์แท้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน
บริษัทสวีสตีส จำกัด นำลูกผสมเดี่ยวที่สร้างขึ้นแบบพบกกันหมดโดยไม่สลับพ่อแม่ จำนวน 28
คู่ผสม และพันธุ์ที่ใช้ร่วมทดสอบ 2 พันธุ์ ซึ่งเป็นข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวที่เป็นพันธุ์การค้า คือ
Hibrix3 และ SK0003 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน
3 ซ้ำ ทดสอบที่สถานีวิจัยบริษัทสวีสตีส จำกัด จังหวัดสระบุรี วิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัว
ของสายพันธุ์แท้ ตามวิธีการของ Griffing (1956) Method 4 Model I ในลักษณะน้ำหนักฝักทั้ง
เปลือก ลักษณะฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน ลักษณะฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน ความหวาน
และความนุ่ม ผลการทดลองพบว่าสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา โดยสายพันธุ์แท้ hB9077
เป็นสายพันธุ์แท้ที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุดในลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและ
ลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน สายพันธุ์แท้ hA9035 มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป
สูงสุดในลักษณะน้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน ส่วนในลักษณะทางคุณภาพนั้นสายพันธุ์
แท้ hA2205 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุดในลักษณะความหวานและความนุ่ม คู่ผสม
hA2041/hA2205 เป็นคู่ผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงสุดในลักษณะน้ำหนักฝักทั้ง
เปลือกและฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐานเท่ากับ 1,144 และ 773 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ คู่ผสม
hA9035/hA2205 ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงสุดในลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกเท่ากับ
3,289 กิโลกรัม/ไร่ ในส่วนของลักษณะทางคุณภาพนั้น คู่ผสม hB9077/hA9035 เป็นคู่ผสมที่ให้
ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงสุดทั้งความหวานและความนุ่ม

Nuntaya Wongsu 2009: Combining Ability of *shrunk 2* Sweet Corn.

Master of Science (Agriculture), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy.

Thesis Advisor: Mr. Witth Chai-ari, Dr. rer. agr. 65 pages.

The combining abilities of 8 *Shrunk 2* sweet corn inbred lines, obtained from Sweet Seeds Co., Ltd., were assessed in 28 crosses with no reciprocal crosses. Two single cross hybrids, Hibrix3 and SK0003, were used as check cultivars. The experiment was conducted in Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 replications at Sweet Seeds Co., Ltd., Saraburi. Combining ability was evaluated using Method 4, Model I, as described by Griffing (1956) for total green ear weight, standard green ear weight, standard dehusked ear weight, sweetness and tenderness. The results showed that all traits had statistically significant difference ($P < 0.01$) in general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA). hB9077 and hA9035 had the highest GCA in standard green ear weight and standard dehusked ear weight, respectively. For qualitative traits, hA2205 had the highest GCA in both sweetness and tenderness. The hA2041/hA2205 cross showed the highest SCA in standard green and dehusked ear weights at 1,144 and 773 kg/rai, respectively. The hA9035/hA2205 cross has the highest SCA in total green ear weight at 3,289 kg/rai. For qualitative traits, the hB9077/hA9035 cross shows the highest combining abilities for both sweetness and tenderness.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.วิศิษฐ์ ใจอารีย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.บุบผา คงสมัย กรรมการสาขาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณินนิตย์ เจริญวรกร กรรมการสาขาวิชารอง ที่กรุณาให้คำแนะนำในการเรียน การดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ ดร.ลักขณา กันทะมา ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ในการสอบสัมภาษณ์ขั้นสุดท้ายให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ทวีศักดิ์ ภู่อำ กรมการผู้จัดการบริษัท สวีทชีดส์ จำกัด ที่ให้โอกาสในการทำงานและการศึกษาต่อ สนับสนุนทุนการศึกษาและทุนวิจัย ตลอดจนคำแนะนำ คำสั่งสอน ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ พนักงานและลูกจ้าง บริษัท สวีทชีดส์ จำกัด ทุกคนที่ได้สนับสนุนและช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย และการเก็บข้อมูล จนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณรัตนพร กรดแก้ว สำหรับกำลังใจและความอดทนตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้ความรักและเสียสละในการสนับสนุนและช่วยเหลือทั้งกำลังใจ กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาจนถึงระดับปริญญาโท จนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ประโยชน์และความดีอันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะพึงมีเพียงใด ขอมอบแด่คุณพ่อคุณแม่ ผู้ให้ชีวิตและอยู่เบื้องหลังความสำเร็จทั้งหมด ตลอดจนครู อาจารย์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และอบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

นันทยา วงษา

มีนาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	31
สรุปและข้อเสนอแนะ	48
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	49
ภาคผนวก	57
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ RCBD	27
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนและ EMS ของการวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวตาม method 4 Model 1	28
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ของข้าวโพดหวานลูกผสม	33
4	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตจากน้ำหนักรักทั้งเปลือก ผลผลิตน้ำหนักรักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน	36
5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับความสามารถในการรวมตัวของลักษณะต่าง ๆ ของข้าวโพดหวานลูกผสม	39
6	การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะผลผลิตน้ำหนักรักทั้งเปลือก	40
7	การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะผลผลิตน้ำหนักรักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน	42
8	การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะผลผลิตน้ำหนักรักเปลือกที่ได้มาตรฐาน	43
9	การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะความหวาน	46
10	การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะความนุ่ม	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	แสดงลักษณะผลผลิตของข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละชั่ว	58
2	แสดงลักษณะคุณภาพของข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละชั่ว	60
3	แสดงลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละชั่ว	61
4	แสดงลักษณะอื่นๆที่ใช้ประกอบการคัดเลือกข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละชั่ว	63

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

- 1 แสดงความผิดปกติของต้นและฝักข้าวโพดหวานจากผลกระทบของสารกำจัดแมลงอะบาเม็กติน (Abamectin)

31

สมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *shrunkn 2*

Combining Ability of *shrunkn 2* Sweet Corn

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays saccharata*) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่ง เนื่องจากข้าวโพดหวานได้เข้ามามีบทบาทต่ออุตสาหกรรมเกษตรของประเทศไทยเป็นอย่างมาก นอกจากใช้บริโภคภายในประเทศ และยังส่งออกไปยังต่างประเทศในรูปภาชนะบรรจุกระป๋อง ข้าวโพดตัดเมล็ด และแบบครีม และการส่งออกในรูปผลิตภัณฑ์ข้าวโพดแช่แข็งทั้งแบบตัดเมล็ดและฝัก ในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานเป็นอันดับ 3 ของโลกรองจากสหรัฐอเมริกา และฮังการี และมีการผลิตข้าวโพดหวานของประเทศไทยแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีจากพื้นที่ปลูก 3.87 แสนไร่ ในปีพ.ศ. 2547 เพิ่มขึ้นเป็น 7.38 แสนไร่ ในปี พ.ศ. 2550 ผลผลิตรวม 1.48 ล้านตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกและผลผลิตรวมนั้นเป็นผลมาจากการใช้พันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีความแข็งแรงและความสม่ำเสมอของผลผลิตรวมทั้งความหวาน พันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นการค้าส่วนใหญ่เป็นพันธุ์กรรมที่มียีน *shrunkn 2* (*sh₂*) ควบคุมความหวานซึ่งมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของตลาดและผู้บริโภค เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่าข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sugary* (*su*) *sh₂* ช่วยยืดเวลาการสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการรับประทาน และทนทานต่อการขนส่งเรือไปยังตลาดที่อยู่ห่างไกลได้ดีกว่า (Wilson and Trawatha, 1991) การขยายพื้นที่ปลูกและความต้องการของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศที่สูงขึ้น ทำให้ความต้องการเมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่ดีเพิ่มสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่เกษตรกรปลูกในปัจจุบันยังมีปัญหาเรื่องคุณภาพผลผลิต โดยเฉพาะความนุ่มของเมล็ด หากเทียบกับข้าวโพดหวานจากสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศสและฮังการี ทำให้ยอดการส่งออกในรูปเมล็ดพันธุ์หรือฝักสดข้าวโพดหวานแปรรูปของไทยน้อยกว่าประเทศดังกล่าว (พาโชค, 2547) ดังนั้น การพัฒนาพันธุ์สายพันธุ์แท้เพื่อให้ได้พันธุ์ลูกผสมที่มีลักษณะของคุณภาพผลผลิตที่ดีขึ้น จำเป็นต้องพัฒนาและคัดเลือกสายพันธุ์แท้ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี สำหรับใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่มีลักษณะคุณภาพที่ดีตลาดต้องการต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์แท่ที่สามารถให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงและคุณภาพดีตามความต้องการของตลาด
2. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม,

การตรวจเอกสาร

ลักษณะพันธุกรรมของข้าวโพดหวาน

ทวิตส์คี้ (2540) กล่าวว่า ข้าวโพดมีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาก ความแตกต่างนี้มีผลทำให้เกิดการสะสมแป้งและน้ำตาลในสัดส่วนที่ต่างกัน ซึ่งมีผลให้เกิดข้าวโพดชนิดต่างๆ คือ ข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานพิเศษ ข้าวโพดเทียน และข้าวโพดข้าวเหนียว ซึ่งใน

ข้าวโพดหวานมาจากการกลายพันธุ์อันเกิดจากยีน *sugary (Su)* บนโครโมโซมแท่งที่ 4 ลักษณะข่ม (*SU*) มาเป็นลักษณะแฝง (*su*) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ Peruvian race Chullpi โดย Boyer and Shannon (1982) พบว่า การกลายพันธุ์มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แป้ง ทำให้แป้งที่สะสมใน endosperm ส่วนใหญ่เป็น phytoglycogen และขั้นตอน การเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นแป้งถูกจำกัด จึงทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลซูโครสในเมล็ดเพิ่มมากขึ้น Camenon and Haward (1954) รายงานว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่มีปริมาณน้ำตาลสูงจะมีลักษณะเมล็ดที่ขุ่นเมื่อเมล็ดมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา กลุ่มของข้าวโพดหวานสามารถแบ่งตามชนิดคาร์โบไฮเดรตออกเป็นชนิดย่อยๆ ได้ดังนี้คือ

1. mono และ oligosaccharide ได้แก่ น้ำตาล glucose fructose และ sucrose คาร์โบไฮเดรตเหล่านี้พบมากในข้าวโพดหวาน แต่ภายหลังพบว่า มี maltose อยู่สูงในข้าวโพดหวานที่ควบคุมความหวานด้วยยีน *sugary (su)* และ *sugary enhancer gene (se)* (Carey et al., 1984) น้ำตาลที่มีบทบาทต่อความหวานในข้าวโพดหวานคือ sucrose และ fructose

2. sugar nucleotides สารเหล่านี้มีมากมายหลายชนิด มีความสำคัญในการสร้าง oligosaccharide ชนิดต่าง ๆ นักชีวเคมีสามารถศึกษาถึงกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานได้โดยอาศัยการสะสมของ sugar nucleotide และคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ

3. polysaccharides ได้แก่ แป้ง (starch) และ phytoglycogen แป้งประกอบด้วย amylose และ amylopectin ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องโครงสร้าง โดยทั่วไปข้าวโพดจะมี amylose สูงกว่า amylopectin ข้าวโพดที่มียีน *amylase extender gene (ae)* มี amylose สูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดที่มียีน *waxy gene (wx)* นั้นแป้งเป็น amylopectin เป็นส่วนใหญ่

4. phytoglycogen เป็นโมเลกุลคาร์โบไฮเดรตที่มีกิ่งก้าน (branched carbohydrate) ที่มี glucose เป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 14 โมเลกุล ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญทำให้ละลายน้ำได้ (water soluble polysaccharides, (WSP) ซึ่งพบมากในข้าวโพดหวานที่มียีน *su*

นอกจากแตกต่างกันในเรื่องปริมาณและชนิดของน้ำตาลที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวโพดหวานแล้วยังพบความแตกต่างของอัตราการสูญเสียน้ำตาลในเมล็ดโดยการเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแป้ง น้ำตาลซูโครสในข้าวโพดหวานพิเศษจะมีปริมาณสูงกว่าในข้าวโพดหวานธรรมดาทำให้มีช่วงเวลากการเก็บเกี่ยวที่นานกว่า นอกจากนี้ข้าวโพดหวานพิเศษยังสามารถคงความหวานและความชื้นของเมล็ดหลังจากการเก็บเกี่ยวไว้ได้นานกว่าข้าวโพดหวานธรรมดาด้วย (Creech, 1965)

ทวิศักดิ์ (2540) กล่าวว่าความหวานของข้าวโพดเกิดได้จากยีนหลายตัว เช่น *sugary gene* (*su*), *shrunk gene* (*sh*) , *brittle gene* (*bt*) , *waxy gene* (*wx*) , *dull gene* (*du*) , *amylose extender gene* (*ae*), *sugary enhancer gene* (*se*) แต่ยีนที่มีความสำคัญ และนิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน คือ ยีน *sugary* (*su*) ซึ่งมีสอง loci ด้วยกัน คือ *su* และ *su₂* ยีน *su* ทำให้เกิดการสร้าง phytoglycogen เพิ่มขึ้นและเนื่องจาก phytoglycogen เป็น water soluble polysaccharide จึงทำให้เนื้อเมล็ดข้าวโพดหวานมีลักษณะนุ่ม

ส่วนยีน *shrunk* (*sh*) มีอยู่หลาย loci และอยู่กันคนละโครโมโซม ประกอบด้วย *sh₁* , *sh₂* , *sh₃* , *sh₄* และ *sh₅* มีผลทำให้ปริมาณแป้งลดน้อยลง แต่น้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยยีน *sh₂* สภาพแวดล้อมมีบทบาทต่อลักษณะความหวานน้อยที่สุด เช่น อุณหภูมิ และความชื้น ดังนั้นข้าวโพดหวานพิเศษสามารถรักษาน้ำตาลและความชื้นของเมล็ด หลังจากการเก็บเกี่ยวไว้ได้นานกว่าข้าวโพดหวานธรรมดา (ปกติ) ทำให้มีการนำข้าวโพดหวานพิเศษมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอย่างแพร่หลาย

สำหรับยีน *brittle* (*bt*) มี 3 loci คือ *bt₁*, *bt₂*, *bt₄* เป็นยีนที่มีผลคล้ายกับยีน *shrunk* จึงทำให้จำแนกได้ยากหากพิจารณาจากลักษณะของเมล็ด แต่อาจสังเกตได้จากต้นข้าวโพดที่มียีน *bt* อาจมีช่อดอกตัวผู้ (tassel) สีแดงหรือสีขาว ขณะที่ข้าวโพดที่มียีน *sh₂* มีช่อดอกตัวผู้สีขาวเท่านั้น เนื่องจากยีน *sh* เกาะติดกับยีน *a₁* ซึ่งเป็นยีนที่ควบคุมการสร้างสีของช่อดอก

ยีน *waxy* (*wx*) มีรายงานเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1909 เป็นยีนที่ทำให้เกิดการสะสมแป้งพวก amylopectin ที่แตกต่างไปจากข้าวโพดธรรมดา ที่สะสมแป้งชนิด amylase ซึ่งพบในข้าวโพดเทียน หรือข้าวโพดข้าวเหนียว

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) แตกต่างจากข้าวโพดหวานพิเศษ (extra sweet corn) ตรงที่ข้าวโพดหวานพิเศษมียีนแฝง sh_2 ในขณะที่ข้าวโพดหวานมียีนแฝง su Lampe (1931) พบว่าเมล็ดที่มียีน sh_2 มีน้ำตาลสะสมสูงเป็น 2 เท่าของเมล็ด su โดยในระยะฝักสดมีน้ำตาลซูโครส ในเอนโดสเปิร์ม ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมด และคงความหวานได้นานหลังการเก็บเกี่ยว Tsai and Nelson (1966) พบว่า สาเหตุที่ข้าวโพดหวานพิเศษสามารถคงความหวานได้นานเนื่องจาก sh_2 endosperm ขาดเอนไซม์ ADPGpyrophosphorylase ที่ใช้ในการสร้างแป้งได้น้อย และมี water soluble polysaccharide (WSP) ในปริมาณต่ำ และยีน sh_2 จะแสดงลักษณะข่มต่อการทำงานของยีน su , Wam (1986) กล่าวว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 จะออกช้า และความสม่ำเสมอของการงอกน้อยกว่าเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน a , du และ wx ตามลำดับ นอกจากนี้ Wam (1987) พบว่า เมล็ดที่ควบคุมด้วยยีน ae , du และ wx สามารถเก็บรักษาได้ในระยะสั้น และมีความแข็งแรงของต้นกล้าต่ำกว่าเมล็ดที่ควบคุมด้วยยีน su

ผลผลิตของข้าวโพดหวาน

ลักษณะของผลผลิตข้าวโพดหวานแบ่งได้เป็น ลักษณะผลผลิตน้ำหนักรวมทั้งเปลือก น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน ฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน เพราะผลผลิตข้าวโพดหวานคิดเป็นจำนวนฝักต่อไร่ ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดหวานฝักสดจะให้ความสำคัญกับลักษณะผลผลิตน้ำหนักรวมทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน ข้าวโพดหวานแปรรูป จะวัดผลผลิตเป็น กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการคัดเลือกพันธุ์จะให้ความสำคัญกับลักษณะผลผลิตน้ำหนักรวมทั้งเปลือก ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อเพิ่มผลผลิตจึงต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ทางการตลาดเป็นหลักในการคัดเลือกพันธุ์

ทวิศักดิ์ (2540) กล่าวว่า การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวานเพื่อส่งอุตสาหกรรมนั้นจะต้องมุ่งไปที่น้ำหนักต่อไร่ ซึ่งอาจจะเป็นการใช้พันธุ์ประเภทลูกผสมเดี่ยวทั้งหมด เพราะการปรับปรุงพันธุ์จะง่ายกว่า นอกจากนี้ยังต้องเน้นไปถึงความคงตัวของผลผลิต (yield stability) ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ การเพิ่ม องค์ประกอบผลผลิต (yield components) คือ จำนวนฝักต่อไร่ ขนาดฝัก ความยาวฝัก และความลึกของเมล็ดอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่จะเพิ่มผลผลิตขึ้นได้ การเพิ่มจำนวนฝักต่อไร่นั้น ต้น

ยังมีฝักอยู่ หลีกเลียงพันธุ์ที่มี 2 ฝักต่อต้น อาจทำได้โดยการเพิ่มอัตราปลูก (plant density) โดยที่ทุกต้นผลิตฝักได้น้อย 1 ฝักต่อต้น แต่ควรหลีกเลียงพันธุ์ที่มี 2 ฝักต่อต้นเนื่องจากฝักที่ 2 จะไม่ได้มาตรฐาน

การเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวานเพื่อตลาดฝักสดนั้น จำต้องมุ่งเน้นไปที่จำนวนฝักดีและฝักใหญ่ต่อไร่ เนื่องจากในระบบตลาดปัจจุบันฝักใหญ่จะได้ราคามากกว่าฝักกลางหรือฝักเล็ก ดังนั้นจะต้องเลือกพันธุ์ที่มีขนาดฝักใหญ่และสม่ำเสมอ ขนาดฝักทั้งเปลือกต้องยาวกว่า 25 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางทั้งเปลือกต้องมากกว่า 7 ซม. จึงจะนับว่าเป็นฝักใหญ่

คุณภาพของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานเป็นพืชอาหารที่สำคัญของมนุษย์ในรูปของฝักสดและการแปรรูป ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน จึงต้องคำนึงถึงคุณภาพฝักสดให้ตรงตามความต้องการ และความพึงพอใจของผู้บริโภค Tracy (1994) กล่าวว่า การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานต้องคัดเลือกเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และรูปทรงของฝัก คุณภาพของข้าวโพดหวานจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก องค์ประกอบเบื้องต้นของคุณภาพฝักสดที่ผู้บริโภคนิยมคือ ลักษณะเนื้อเมล็ด (kernel texture) รส (flavor) และความหอม (aroma) (Wann *et al.*, 1971; Flora and Wiley, 1974) สำหรับความหวาน (sweetness) ความนุ่ม (tenderness) ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp thickness) สีของชังและเมล็ด (cob and kernel color) และลักษณะของฝัก (ear appearance) ต่างก็เป็นตัวกำหนดคุณภาพฝักสด สำหรับการแปรรูปของอุตสาหกรรมของข้าวโพดหวานเช่นเดียวกัน (ทวิศักดิ์, 2540; Azanza *et al.*, 1994; Tracy, 1994)

ความหวาน

Flora and Wiley (1974) กล่าวว่า ความหวานเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของรสชาติข้าวโพดหวาน เนื่องจากปริมาณน้ำตาลและแป้งในเมล็ด น้ำตาลที่มีบทบาทต่อความหวานของข้าวโพดหวานคือซูโครส และฟรุกโตส ซึ่งควบคุมด้วยยีนแฝงที่ทำให้ขบวนการสังเคราะห์แป้งในเอ็นโดสเปอร่าไม่สมบูรณ์ ทำให้ขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นแป้งถูกจำกัด จึงเกิดการสะสมน้ำตาลซูโครสภายในเมล็ดมากขึ้น และเมื่อเมล็ดแก่เต็มที่จะมีลักษณะเหี่ยวย่น (Camenon and Haward, 1954) ข้าวโพดหวานเดิมนั้นมีน้ำตาลในเมล็ดสูง เนื่องจากการสะสม phytoglycogen ซึ่งเป็น water soluble polysaccharide (WSP) มีผลทำให้แป้งลดน้อยลง เนื่องจากยีน *sugary (su)* บน

โครโมโซมคู่ที่ 4 ต่อมา มีการค้นพบยีนที่มีผลต่อการสะสมแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดตัวใหม่ ๆ เช่น ยีน *shrunk* (sh , sh_1 , sh_4) ยีน *brittle* (bt_1 , bt_2 , bt_4) ยีน *waxy* (wx) ยีน *dull* (du) ยีน *amylose extender* (ac) และยีน *sugar enhancer* (se) (Tracy, 1994)

Park *et al.* (1994) ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในเมล็ดของข้าวโพดหวาน GCB70 (su) และข้าวโพดหวานพิเศษ NES (sh_2) เพื่อกำหนดหาช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับการบริโภค พบว่าช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวาน GCB70 และข้าวโพดหวานพิเศษ NES คือ 15–20 วัน และ 20–25 วันภายหลังจากการผสมเกสรตามลำดับ และปริมาณน้ำตาลของเมล็ดบนส่วนต่างๆของฝักของข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกัน ที่พบว่ามีปริมาณน้ำตาลมาก คือ ปลายฝัก กลางฝัก และบางส่วนของส่วนโคนของฝักตามลำดับ

ความนุ่มและความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด

Culpper and Magoon (1942) รายงานว่า ความนุ่ม (*tenderness*) เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งในการตัดสินคุณภาพของข้าวโพดหวาน ความนุ่มของข้าวโพดหวานประกอบด้วยปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัย Gomez *et al.* (1963) พบว่า ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความนุ่มของเมล็ดข้าวโพดหวาน เนื้อสัมผัส (*texture*) ของเอนโดสเปอร์มและความฉ่ำน้ำก็มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเมล็ดข้าวโพดหวานเช่นกัน แต่เปลือกหุ้มเมล็ดเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมการสูญเสียความชื้นของเมล็ด พันธุกรรมที่มีผลกระทบต่อระดับน้ำตาลและ WSP ต่างก็มีบทบาทในการควบคุมการสูญเสียความชื้นและมีผลต่อความนุ่มของเมล็ด Bailey (1938); Ito and Brewbaker (1981) ให้ความเห็นตรงกันว่า ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความนุ่มของเมล็ดข้าวโพด

Tsai and Glover (1974) กล่าวว่า องค์ประกอบของแป้งในข้าวโพดหวานซึ่งควบคุมด้วยยีนแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ข้าวโพดหวานปกติ (su_2) มีความนุ่มของเมล็ดสูง เนื่องจากข้าวโพดหวานประเภทนี้มี WSP สูงมาก ในข้าวโพดหวานพิเศษทั้งประเภท sh_2 หรือ bt_2 นั้น ส่วนใหญ่มีความกรอบค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับข้าวโพดหวานปกติ เนื่องจากองค์ประกอบของแป้งและความนุ่มของเปลือกหุ้มเมล็ดแตกต่างกัน การปรับปรุงความนุ่มโดยให้คงความหวานอยู่ด้วยอาจจะใช้ bt ร่วมกับ su เพราะเมื่อนำยีนนี้มาอยู่ด้วยกันแล้วเมล็ดข้าวโพดหวานจะมีชูโครสสูงมาก และในขณะเดียวกันก็มี WSP สูงพอควร แต่การนำ bt มาร่วมกับ su จะทำให้ความงอกของเมล็ดลดลงอย่างมาก

Helm and Zuber (1972) ได้ประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพด พบว่าความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้โดยการคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection) Ito and Brewbaker (1981) รายงานว่า สามารถที่จะลดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดจาก 74 ไมครอน ในรอบคัดเลือกที่ศูนย์ (C_0) เป็น 53 ไมครอน ในรอบการคัดเลือกที่ 3 (C_3) คิดเป็น 6.8 ไมครอน ต่อรอบการคัดเลือก โดยวิธีการคัดรวม (mass selection)

Tracy and Schmidt (1987) ศึกษาความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดในสายพันธุ์แท้ข้าวโพดหวานที่ประกอบด้วยยีน su_1 , du_1 , wx , su_2 และ sh_2 พบว่าสายพันธุ์แท้ที่ประกอบด้วยยีนชนิดต่างๆ มีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ในช่วง 33.9 ถึง 53.5 ไมครอน โดยค่าความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดที่วัดได้แตกต่างกันไปตามชนิดของยีน ตำแหน่งของฝักและตำแหน่งของเมล็ดพบว่า ยีน su_2 , su_1 มีเปลือกหุ้มเมล็ดหนาที่สุดและยีน $sususu_2$, su_2 มีเปลือกหุ้มเมล็ดบางที่สุด

รัชฎา (2535) พบว่า พันธุ์ข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดที่บางกว่าอาจมีความเหนียวของเปลือก (puncture testa) สูงกว่าพันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหนากว่า ความเหนียวของเปลือกที่สูงทำให้เกิดความรู้สึกว่าข้าวโพดหวานนั้นเหนียวหรือแข็ง ดังนั้นความนุ่มของเมล็ดอาจเป็นผลรวมของความหนาและความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ด รวมทั้งชนิดของคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์

วิเชียร (2538) ทำการปรับปรุงความนุ่มในข้าวโพดหวานพันธุ์ไทยชูเปอร์สวิตคอมพอสิต 1 ดีเอ็ม อาร์ โดยวิธีการคัดเลือกแบบคัดรวม 4 รอบการคัดเลือก และโดยวิธีการคัดเลือก S_1 ประยุกต์ (modified- S_1 selection) ใช้เกณฑ์ในการคัดเลือก 2 วิธี คือการวัดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดโดยการกดซึม พบว่าความก้าวหน้าในการคัดเลือกโดยวิธีการกดซึม และการวัดความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน คือเมื่อค่าเฉลี่ยคะแนนความนุ่มโดยการกดซึม ลดลงความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดจะเพิ่มขึ้น หรือความเหนียวเพิ่มขึ้นคะแนนเฉลี่ยความเหนียวก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน

กลิ่นและรสของข้าวโพดหวาน

ถึงแม้ว่าความหวานจะเป็นปัจจัยหลักของข้าวโพดหวาน แต่รสที่ดีก็มีความสำคัญในการบริโภคผักสด คุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง และการนำไปประกอบอาหารอื่นๆ ทวีศักดิ์ (2536) รายงานว่า กลิ่นเฉพาะตัวของข้าวโพดหวานเกิดจากสารประกอบ ไคเมทิล

ซัลไฟด์ (dimethyl sulphide; DMS) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ S-methyl methionine sulfoniumsalt ด้วยความร้อนให้ homoserine และไคเมทิล ซัลไฟด์ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นในแต่ละพันธุ์มีผลต่อ กลิ่น รส มากกว่าปริมาณความร้อน การเพิ่มปริมาณความร้อนไม่ได้เพิ่มปริมาณไคเมทิล ซัลไฟด์ ซึ่งมักสลายตัวหมดในช่วงแรกของการแปรรูป Williams and Nelson (1973); Dignan and Wiley (1976) พบว่า ระดับของไคเมทิล ซัลไฟด์ มีความแตกต่างกันในข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์และ แต่ละช่วงการเก็บเกี่ยว ซึ่งปริมาณไคเมทิล ซัลไฟด์จะลดลงเมื่ออายุของเมล็ดข้าวโพดหวานมากขึ้น

Self *et al.* (1963) รายงานว่า ปริมาณของไคเมทิล ซัลไฟด์มีอยู่ในข้าวโพดหวานที่ใช้ประกอบอาหารในปริมาณที่สูง Bills and Keenan (1968) รายงานว่า ปริมาณไคเมทิล ซัลไฟด์ในข้าวโพดหวานที่ผ่านการแปรรูปมีอยู่ประมาณ 5.7–14.2 ppm ในข้าวโพดหวานแช่แข็งมีอยู่เพียง 0.3–6.8 ppm Williams *et al.* (1972) รายงานว่า ในข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องที่ขายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป มีปริมาณไคเมทิล ซัลไฟด์ 10.1–16.0 ppm นอกจากนี้ Flora and Wiley (1974) กล่าวว่าในข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ข้าวโพดหวานแช่แข็งและข้าวโพดฝักสด มีปริมาณของไคเมทิล ซัลไฟด์ อยู่ระหว่าง 0.43–17.0 ppm และรายงานไว้ว่าปริมาณไคเมทิล ซัลไฟด์ จะลดลงเมื่อข้าวโพดหวานเข้าสู่ช่วงสุกแก่ทางสรีรวิทยา

สีเมล็ดและซัง

Tracy (1994) กล่าวว่า สีของซังข้าวโพดหวานที่ดีควรต้องมีสีขาวและเมล็ดมีเปลือกที่ใส ยืนที่ควบคุมสีของซังและเปลือกหุ้มเมล็ดจะอยู่ที่ $P - ww$ locus ซึ่งจะให้สีขาวเมื่ออยู่ในสภาพยีนแฝงคู่แฝด (homozygous recessive) ข้าวโพดหวานส่วนใหญ่จะมียีน $CL - 1$ ในสภาพยีนแฝงคู่แฝดจะไปยับยั้งการสร้างสารเริ่มต้นของแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ในชั้น aleurone และในสายพันธุ์ที่มียีน *shrunk 2* (sh_2) ซึ่งเกาะติดอยู่เป็นตัวยับยั้งการสร้างแอนโทไซยานินบนต้นและใบ สีของเอนโดสเปิร์ม หรือสีของเมล็ดเมื่อมีเปลือกหุ้มเมล็ดใส มีความสำคัญเช่นเดียวกัน แบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่ สีเหลือง (Yellow) สีขาว (white) และสองสี (bicolor; 25% white และ 75% yellow ในฝักเดียวกัน) ตลาดส่วนใหญ่เมล็ดที่มีสีเหลืองได้รับความนิยมสำหรับการแปรรูป แต่ในบางท้องถื่นจะชอบเมล็ดที่มีสีขาว ส่วนในฝักที่มีทั้งสองสีนั้นเริ่มได้รับความนิยมเมื่อไม่นานมานี้ โดยเริ่มต้นจากตลาดในประเทศญี่ปุ่น เมล็ดสีเหลืองและสีขาวควบคุมด้วยยีนใน y locus โดยที่สีขาวเป็นยีนแฝง (yy) และสีเหลืองเป็นยีนข่ม (YY) ดังนั้นในฝักข้าวโพดที่มีสองสีจึงได้จากการผสม

ข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้ที่มีสีเหลือง (YY) กับสายพันธุ์แท้ที่มีสีขาว (yy) ลูกรุ่นที่ 1 (F_1) ที่ได้จะมีลักษณะพันธุกรรมเป็น Yy ที่มีการกระจายตัวของสีเหลืองต่อสีขาวในอัตราส่วน 3:1

ยีนกับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

การใช้ยีนความหวานที่แตกต่างกันในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน มีผลให้คุณภาพในการรับประทานของข้าวโพดแตกต่างกัน (Azanza *et al.*, 1994)

ยีนชนิดแรกที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน คือยีน *su* เนื่องจากข้าวโพดที่มียีน *su* จะมีปริมาณของ phytyglycogen ที่สูง ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสเป็นครีมและเนียนนุ่ม มีประโยชน์ในการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบของ cream style corn แต่เนื่องจากข้อจำกัดการใช้ประโยชน์จากยีน *su* คือมีอัตราการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งอย่างรวดเร็ว ไม่สามารถรักษาความหวานไว้ได้นานหลังจากการเก็บเกี่ยว จึงมีการใช้พันธุกรรมความหวานตัวอื่นแทน

ยีน *sh₂* ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์ Illini Xtra Sweet เป็นข้าวโพดหวานพิเศษลูกผสมพันธุ์แรกของโลก ผลของยีนทำให้มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูง และสามารถรักษาความหวานไว้ได้นานโดยไม่ต้องเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเหมือนยีน *su* มีการนำมาใช้กันมากในเขตร้อน โดยเฉพาะในแถบเอเชีย แต่ปัญหาที่สำคัญของยีน *sh₂* คือ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ การคัดเลือกสายพันธุ์และการคัดเลือกขนาดของเมล็ดก่อนการปลูก ช่วยให้ข้าวโพดหวานมีความงอกที่ดีขึ้น Andrew (1982) ศึกษาเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้า โดยการเปรียบเทียบระหว่างข้าวโพดหวานเมล็ดกลมกับเมล็ดแบน พบว่าข้าวโพดหวานเมล็ดกลมมีเปอร์เซ็นต์ความงอก และมีต้นกล้าที่แข็งแรงกว่า

Myoung (2000) ศึกษาเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวโพดหวานยีน *shrunk2*, *brittle*, *sugary* และ *sugary enhancer* พบว่า ข้าวโพดหวานยีน *shrunk2* มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่า *sugary* เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 45 วัน หลังจากออกดอกตัวเมีย

มีการนำยีนชนิดอื่นเพื่อเสริมความงอก และคุณภาพของข้าวโพดหวาน ดังเช่น ยีน *susuSh₂Sh₂* เป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์อินเบรคที่มีลักษณะทางสายพันธุ์กรรม *susuSh₂Sh₂* และ *susuSh₂Sh₂* ลูกผสมที่ได้จากการผสมมียีนตำแหน่งหนึ่งอยู่ในสภาพยีนคู่ผสม (heterozygous) และอีกตำแหน่งหนึ่งอยู่ในสภาพยีนคู่แฝด (homozygous) เมล็ดลูกผสมที่

ได้ (F_1) จึงมีเปอร์เซ็นต์การออกที่ดีกว่าข้าวโพดหวานที่มีลักษณะพันธุกรรม Sh_2Sh_2 (Boyer and Shannon, 1982)

ลักษณะพันธุกรรม *sususe* ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในสายพันธุ์แท้ Illinois 677a เมล็ดข้าวโพดหวานที่มีพันธุกรรมร่วมกันของยีนทั้งสองชนิดนี้ มีปริมาณน้ำตาลใกล้เคียงกับการใช้ยีน Sh_2 และมีปริมาณ WSP ใกล้เคียงกับยีน *su* แต่ข้อเสียของการใช้ยีนสองชนิดนี้ร่วมกัน คือ มีอัตราการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งเร็ว รวมทั้งการคัดเลือกสายพันธุ์แท้ทำได้ยาก (Boyer and Shannon, 1982)

นอกจากการใช้ประโยชน์จากยีนสองชนิดร่วมกันแล้ว ยังมีการพัฒนาพันธุ์เพื่อให้มีอินแสง 3 ชนิดร่วมกัน เช่นพันธุ์ Pennfresh ADX ประกอบด้วยยีน *ae du wx* ทำให้มีคุณภาพในการรับประทานดีขึ้น และลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต (Boyer and Shannon, 1982)

การสร้างพันธุ์ข้าวโพด

ทวิศักดิ์ (2540) กล่าวว่า โครงการปรับปรุงพันธุ์จะสำเร็จ และมีประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นกับการเลือกเชื้อพันธุกรรมเมื่อเริ่มโครงการ เช่น ความสำเร็จของพันธุ์สุวรรณ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เพราะกลุ่มนักปรับปรุงพันธุ์ภายใต้การนำของศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ จินายน ได้เลือกใช้เชื้อพันธุกรรมได้อย่างถูกต้องบนพื้นฐานของ พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง โดยศึกษาจากรายงานต่างๆ พันธุ์ที่ใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย และเป็นพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันในเรื่องแหล่งกำเนิด (Jinahyon, 1979)

การสร้างประชากรพื้นฐานเพื่อสร้างลักษณะใหม่ๆ หรือลักษณะที่ต้องการจากหลายพันธุ์รวมกัน ได้แก่ ลูกผสมชั่วที่ 2 ที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์การค้าจากต่างประเทศ กับพันธุ์พื้นบ้านของไทย ที่ไม่มีบรรพบุรุษร่วมกันมาก่อน เช่น พันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศจีน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และได้หวั่นๆ พันธุ์ผสมรวม ที่ได้จากการผสมข้ามแบบสุ่มระหว่างสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการ และมีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงจากประชากรที่ผ่านการปรับปรุงประชากรโดยวิธีการปรับปรุงประชากรแบบวงจร (recurrent selection)

พันธุ์ลูกผสม (hybrid variety)

พันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) หมายถึง ลูกผสมรุ่นแรก (F_1) จากการผสมระหว่างสองประชากรที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน ประชากรเหล่านี้อาจเป็นสายพันธุ์แท้ พันธุ์ลูกผสม พันธุ์ผสมเปิด พันธุ์สังเคราะห์ (Jungenheimer, 1976)

Shull, East and Hayes (1908-1909) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของ inbreeding และ cross-breeding ในข้าวโพด พบว่าการผสมตัวเอง (self-pollination) ของข้าวโพดมีผลทำให้ผลผลิตและความแข็งแรง (vigor) ของข้าวโพดทำให้อ่อนลง และในทางตรงกันข้ามการผสมข้าม (cross-pollination) ของข้าวโพดลูกผสมในรูปของลูกผสมเดี่ยว (single cross hybrid) โดยการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ที่ต้องการและทำการผสมเพื่อหาพ่อแม่พันธุ์ที่ดีต่อไป ลูกผสมเดี่ยว (F_1) ที่ได้จะให้ผลผลิตสูง ลำต้นแข็งแรงต้านทานโรคและแมลง รวมทั้งมีความสม่ำเสมอในลักษณะต่างๆด้วย ต่อมา Jones (1918) ได้เสนอการทำลูกผสมในรูปของลูกผสมคู่ (double cross hybrid) โดยการผสมระหว่างลูกผสมเดี่ยว 2 คู่ และการทำลูกผสมสามทาง (three-way cross hybrid) โดยการผสมระหว่างลูกผสมเดี่ยวและสายพันธุ์แท้ 1 สายพันธุ์

เทอด (2521) กล่าวว่า ความดีเด่นของลูกผสม หรือ hybrid vigor เกิดจากการนำสายพันธุ์แท้สองสายพันธุ์มาผสมกันแล้วนำลูกที่ผสมได้ไปปลูกทดสอบ ซึ่งพบว่าลูกผสมมีความดีเด่นเกินกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ หรือค่าของพ่อหรือแม่ที่ดีหนึ่งลักษณะหรือมากกว่า

ประชากรพื้นฐานที่ผ่านการปรับปรุงประชากรตามวิธีที่เหมาะสมจนได้ประชากรที่ผ่านการปรับปรุง สายพันธุ์แท้ที่ได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวิธีการคัดเลือก จากนั้นนำสายพันธุ์แท้ที่ได้มาสร้างลูกผสมชั่วแรก ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวต้องหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสายพันธุ์พ่อและแม่ก่อน โดยการทดสอบความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (Specific Combining Ability: SCA) ของสายพันธุ์แท้ ซึ่งในการสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวจะพิจารณาจากพ่อแม่พันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงเท่านั้น เมื่อคัดเลือกได้พ่อแม่พันธุ์ที่ดีแล้วจะผลิตเมล็ดพันธุ์ของลูกผสมดังกล่าวเพื่อนำไปปลูกทดสอบในสภาพไรซ์ของเกษตรกรหลายสถานที่เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ปี หรืออย่างน้อย 2 ฤดู เพื่อทดสอบและยืนยันผลซ้ำ ก่อนการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวเป็นการค้าต่อไป (กมล, 2536) ตัวอย่างการปรับปรุงพันธุ์ของ ประวิตรและคณะ (2548) ที่ได้สร้างสายพันธุ์แท้ข้าวโพดหวานคุณภาพดีจากต่างประเทศ แล้วผสมข้ามกับสายพันธุ์แท้ No.40 และเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพกับพันธุ์ NT 58 ทำให้ได้พันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่มีคุณภาพดี

คือ พันธุ์หวานแม่ใจ 72 ที่ทำการแนะนำให้เกษตรกรปลูกเพื่อใช้ส่งโรงงานอุตสาหกรรม เหมาะสำหรับตลาดผักสด และอุตสาหกรรมข้าวโพด แะแข็งแรงคุณภาพสูง

การคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสม

พ่อแม่พันธุ์ที่ดีต้องมีสมรรถนะการผสมที่ดี เพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง พ่อแม่พันธุ์ต้องมีความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งจะส่งผลให้ได้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงและมีความแปรปรวนของลักษณะพันธุกรรมของลูกในรุ่นหลังๆ สูง ทำให้การคัดหาสายพันธุ์อินเบรคใหม่ๆ มีประสิทธิภาพตรงกันข้าม หากพ่อแม่พันธุ์มีลักษณะทางพันธุกรรมใกล้เคียงกัน ลูกผสมที่ได้ก็จะคล้ายๆ พ่อแม่เดิม ลูกในรุ่นหลังๆ มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่ำ ความก้าวหน้าในการคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่ๆ ก็ต่ำ อย่างไรก็ตามความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่ย่อมมีขีดจำกัด ถ้าความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงจนเกินขีดจำกัดสมรรถนะการผสมจะลดลง ทำให้รุ่นลูกมีการปรับตัวที่เลวลง ดังนั้นพ่อแม่ที่ดีก็ควรเป็นสายพันธุ์ที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและให้ผลผลิตสูง (กฤษฎา, 2544)

สมรรถนะการผสม (ผลผลิตของลูกผสม) = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ + ความเหนือระดับของลูกผสม

ดังนั้น สมรรถนะการผสมจึงขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และความเหนือระดับของลูกผสมนั้นๆ ค่าความเหนือระดับของลูกผสมมีค่าตั้งแต่ติดลบจนถึงบวกในระดับต่างๆ กัน ค่าความเหนือระดับของลูกผสมยังอาจใช้เป็นดัชนีแสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมของพ่อแม่และบ่งบอกถึงความถี่ของยีนที่มีประสิทธิภาพของพ่อแม่ (กฤษฎา, 2546)

การทดสอบสายพันธุ์

การใช้สายพันธุ์ทดสอบ (test cross) เป็นการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ โดยการนำสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบผสมข้ามสายพันธุ์ทดสอบ อาจใช้สายพันธุ์ทดสอบเพียงหนึ่งสายพันธุ์ หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ทดสอบ วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้ทดสอบเมื่อมีสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบเป็นจำนวนมาก โดยการเลือกสายพันธุ์ทดสอบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของโครงการและในแต่ละขั้นตอนของโครงการปรับปรุงพันธุ์ (กฤษฎา, 2544)

รังสฤษฎ์ (2539) ได้จำแนกการทดสอบสายพันธุ์ออกเป็น 2 ประเภท คือ การทดสอบสายพันธุ์โดยใช้สายพันธุ์ทดสอบที่มีฐานทางพันธุกรรมแคบ (narrow genetic base) เช่น สายพันธุ์แท้

ลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมสามทาง ลูกผสมคู่ เรียกว่า การทดสอบสายพันธุ์แบบ test cross จัดเป็นการทดสอบสมรรถนะการผสมเฉพาะ และการทดสอบสายพันธุ์โดยใช้สายพันธุ์ทดสอบที่มีฐานทางพันธุกรรมกว้าง (broad genetic base) เช่น พันธุ์ผสมปล่อย หรือพันธุ์ผสมเปิด หรือพันธุ์สังเคราะห์ เรียกว่า การทดสอบสายพันธุ์แบบ top cross จัดเป็นการทดสอบสมรรถนะการผสมทั่วไป

Rawling and Thompson (1962) ได้รายงานเกี่ยวกับสายพันธุ์ทดสอบทั้ง 2 ประเภทว่า สายพันธุ์ทดสอบที่ดีในการประเมินสายพันธุ์แท้ จะต้องมีประสิทธิภาพในการจำแนกความแตกต่างของสายพันธุ์ ภายใต้การประเมินคุณค่าการผสม และจะต้องแสดงความแตกต่างอย่างถูกต้อง Hallauer (1975) แนะนำว่า สายพันธุ์ทดสอบที่ดีนั้นควรจะง่ายต่อการใช้ และจำแนกความแตกต่างของสายพันธุ์ได้ถูกต้อง นอกจากนี้ ต้องสามารถเพิ่มความก้าวหน้าทางพันธุกรรมได้สูงสุด

การผสมแบบพบกันหมดภายในกลุ่ม

การผสมแบบพบกันหมดภายในกลุ่มทำให้คู่ผสมเท่ากับ $n(n-1)/2$ เมื่อ n = จำนวนสายพันธุ์ของอินเบรดที่ต้องการทดสอบ วิธีการนี้เป็นการทดสอบคู่ผสมแต่ละคู่โดยตรง ค่าเฉลี่ยของลูกผสมเกี่ยวข้องกับแต่ละสายพันธุ์ ใช้เป็นดัชนีวัดค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะของกลุ่มผสมนั้นๆ ข้อเสียของวิธีนี้คือ เมื่อมีสายพันธุ์เพิ่มขึ้น จำนวนคู่ผสมจะมากขึ้นเป็นทวีคูณ ทำให้การทดสอบผลผลิตของลูกผสมขาดประสิทธิภาพ นอกจากนี้ สายพันธุ์แต่ละสายพันธุ์ถึงแม้จะมีสมรรถนะการผสมดีเพียงใด ก็คงไม่สามารถผสมได้ดีกับทุกๆ สายพันธุ์ โดยไม่มีข้อจำกัด วิธีการนี้จึงเหมาะกับสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วเป็นอย่างดี และไม่ควรเกิน 10 สายพันธุ์ (กฤษฎา, 2544)

สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ (Combining Ability)

การทดสอบสายพันธุ์เป็นขั้นตอนในการเลือกสายพันธุ์ที่มีจำนวนมาก ซึ่งอาจมีทั้งสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีและไม่ได้อยู่ด้วยกัน จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีไว้ และลดจำนวน สายพันธุ์ไม่ดี ทำให้ง่ายและช่วยลดต้นทุนในการคัดเลือก การทดสอบสายพันธุ์สามารถทำได้โดยการทดสอบความสามารถในการรวมตัว (Combining Ability) ของสายพันธุ์ ซึ่งเป็นการแสดงความสามารถของพืชที่จะให้ลูกผสมที่ดีเด่นมาน้อยเพียงใด แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (General Combining Ability: GCA) และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (Specific Combining Ability: SCA) (กฤษฎา, 2544)

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (General Combining Ability: GCA)

ความสามารถของสายพันธุ์หนึ่งๆ ในการให้ลูกผสมที่ดี เมื่อผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ โดยไม่กำหนดว่าเป็นสายพันธุ์ที่มี genotype อย่างไรก็ตามจัดเป็นการวัดอัตราของยีนแบบผลบวก (additive gene action) ที่ควบคุมลักษณะนั้นๆ โดยดูจากผลผลิตเฉลี่ยของลูกผสมเดี่ยวที่เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์นั้นกับสายพันธุ์อื่น คือนำสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไป มาผสมแบบพหุกันหมด (diallel cross) จากนั้นดูค่าเฉลี่ยของกลุ่มผสมแต่ละกลุ่มผสม แต่วิธีนี้จะมีข้อเสียคือ ถ้ามีจำนวนสายพันธุ์มากจะทำให้ได้ลูกผสมมากเช่นกัน (ไพศาล, 2525)

เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว Davis (1927) อ้างโดย พชรินทร์, 2549 จึงแนะนำให้ทดสอบสายพันธุ์โดยนำสายพันธุ์นั้นๆ ไปผสมกับพันธุ์ผสมเปิด การผสมนี้เรียกว่า Top cross พันธุ์ผสมเปิดที่นำมาผสมกับสายพันธุ์เรียกว่าพันธุ์ทดสอบ (tester) สายพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไปสูง จะมีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉลี่ยสูงเช่นกัน การทดสอบการรวมตัวทั่วไปอาจจะเริ่มทดสอบตั้งแต่ยังอยู่ในช่วงเริ่มสกัดพันธุ์แท้ ผสมตัวเอง 1 รุ่น และการเปรียบเทียบผลผลิตของ Top cross กับผลผลิตของลูกผสมเดี่ยวระหว่างสายพันธุ์นั้นๆ กับสายพันธุ์อื่น พบว่ามีสหสัมพันธ์ระหว่างกันสูง

การทดสอบความสามารถในการรวมตัวทั่วไป โดยวิธีนี้อาจคัดสายพันธุ์ได้ประมาณครึ่งหนึ่งและสายพันธุ์ที่เหลือจะใช้ทดสอบความสามารถในการรวมตัวแบบเฉพาะต่อไป ความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไปจะเป็นอิทธิพลและการแสดงออกของยีนแบบ additive gene action ซึ่งการแสดงออกของยีนแบบนี้สามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่ลูกหลานได้ ลูกผสมที่ได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวสูงจะมีความสามารถในการรวมตัวสูงกว่าลูกผสมที่ได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวต่ำ (Sprague and Tatum, 1942) ดังนั้นการวัดค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปจึงเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ในขั้นแรกซึ่งเป็นการวัดความสามารถของพ่อแม่ (คำเนิน, 2545) และคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปดี คือ GCA สูง เป็นสายพันธุ์ที่ผสมข้ามกับสายพันธุ์อื่นๆ แล้วทำให้ได้ลูกผสมที่มีลักษณะต่างๆ ดี และสายพันธุ์ดังกล่าวจะถูกนำไปสร้างสายพันธุ์แท้ต่อไป และยังเป็นการวัดถึงอัตราการแสดงออกของยีนแบบผลบวก ทำให้ทราบว่ามีการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปสู่ลูกหลานมากหรือน้อยเพียงใด

การศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไป สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของประชากร หรือสายพันธุ์แท้ จากการนำไปผสมกับประชากรหรือสายพันธุ์อื่นๆ โดยไม่กำหนดสายพันธุ์ที่มี genotype เฉพาะ เป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบผลบวกที่ควบคุมลักษณะต่างๆ เป็นส่วนใหญ่ (Moll and Stuber, 1974) นอกจากนั้น Baker (1978) พบว่าลูกผสมที่ดีที่สุดได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด การศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเพื่อคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปดี เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ผสมข้ามกับสายพันธุ์อื่นๆแล้วทำให้ลูกผสมที่ได้มีลักษณะดีตามที่ต้องการ

ฉลอง (2546) ได้ศึกษาประชากรข้าวโพดหวานที่ผ่านการปรับปรุงแล้วจำนวน 167 สายพันธุ์ เพื่อดำเนินการทดสอบความสามารถในการรวมตัวทั่วไป โดยการผสมกับตัวทดสอบ (Top cross) กับข้าวโพดหวานพันธุ์ฮาวายเอียนชูการ์ซูเปอร์สวีท นำลูกผสมที่ได้ไปทดสอบผลผลิตร่วมกับพันธุ์ทดสอบคือ พันธุ์อินทรี 2 และฮาวายเอียนชูการ์ซูเปอร์สวีท ผลการทดลองพบว่าสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงและมีลักษณะทางการเกษตรที่ดีจำนวน 21 สายพันธุ์ โดยมีการนำสายพันธุ์เหล่านี้ไปทดสอบความสามารถในการรวมตัวแบบเฉพาะต่อไป

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (Specific Combining Ability: SCA)

การทดสอบพืชสายพันธุ์หนึ่งเมื่อมีการผสมข้ามกับสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ผลผลิตดีหรือเลวกว่าการผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ คือ ดีหรือเลวกว่าค่าเฉลี่ยที่สายพันธุ์นั้นๆผสมกับสายพันธุ์อื่นๆทุกสายพันธุ์ ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะวัดโดยใช้ค่าความแตกต่างระหว่างผลของการผสมสายพันธุ์ต่างๆ และผลที่คาดหวังซึ่งประมาณได้จากความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะนี้เป็นตัวบอกอัตราการแสดงออกของยีนที่ไม่เป็นแบบบวก (non-additive gene action) ซึ่งใช้เป็นตัววัดความสามารถของสายพันธุ์นั้นๆ เพื่อใช้ผลิตลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมสามทาง และลูกผสมคู่ (ไพศาล, 2525)

การทดสอบความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของสายพันธุ์ในการผลิตลูกผสมเดี่ยว เป็นขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากมากนัก ทั้งนี้เพราะมีสายพันธุ์เหลือจากการทดสอบความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเพียงจำนวนน้อย ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของกลุ่มผสมใดกลุ่มหนึ่งได้จากความสามารถในการรวมตัวของกลุ่มผสมดังกล่าวและค่าเฉลี่ยของกลุ่มผสมที่เกี่ยวข้องความสามารถรวมตัวเฉพาะเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวก ซึ่งการแสดงออกของยีนจะ

ปรากฏในชั่วนั้นๆ ไม่สามารถถ่ายทอดไปชั่วอื่นได้ จึงเป็นประโยชน์ได้แต่เฉพาะลูกผสม ส่วนใหญ่ใช้ในพืชผสมข้าม ลูกผสมที่ดีมักได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั้งสองแบบสูง พันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง เมื่อผสมกับคู่ผสมที่เหมาะสมก็จะให้ลูกผสมที่ดีด้วย (Griffing, 1956)

วิธีการทดสอบความสามารถในการรวมตัวทำได้หลายวิธี เช่น การทดสอบลูกผสมปล่อย การทดสอบกับตัวทดสอบ หรือการทดสอบลูกผสมเดี่ยว แต่วิธีการที่นิยมมากในการทดสอบความสามารถในการรวมตัว คือ การผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) ซึ่งมีรายงานเกี่ยวกับทฤษฎีและวิธีวิเคราะห์ไว้ โดย Hayman (1954), Griffing (1956) และ Kempthorne (1956) เป็นต้น

วิรุพห์ (2544) ได้ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของข้าวโพดหวานพิเศษ โดยการ ผสมแบบ Diallel cross พบว่า ความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไป เป็นผลมาจากการแสดงออกของยีนแบบผลบวกในลักษณะของผลผลิต ลักษณะทางการเกษตร และลักษณะคุณภาพในการรับประทาน พบว่าประชากร TF, PT, KJ และ PM เป็นประชากรที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นสายพันธุ์พ่อ-แม่ในการสร้างพันธุ์ประชากรลูกผสม เนื่องจากมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง ไม่ว่าจะใช้เป็นพันธุ์พ่อหรือแม่

พัชรินทร์ (2549) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการรวมตัวของข้าวโพดหวานฝักเล็ก โดยใช้การผสมแบบเดียวกัน พบว่า พันธุ์ 5LRy และ 8LRW เหมาะสำหรับใช้เป็นสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์ 2RW และ 6RY เหมาะใช้เป็นสายพันธุ์แม่ เนื่องจากมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง ในลักษณะผลผลิตและมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่ำในลักษณะทางการเกษตรพบว่า ลูกผสม 5LRy x 6RY และ 2RW x 8LRW มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงในลักษณะผลผลิตและคุณภาพในการรับประทานดี

นันทิมา (2548) ได้ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้ เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการสร้างพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมเดี่ยว ที่ให้ผลผลิตสูง คุณภาพดี สายพันธุ์ที่เหมาะสมในการใช้เป็นสายพันธุ์พ่อ คือ 303 และ 241 และสายพันธุ์แม่คือ 513 และ 216 เนื่องจากสายพันธุ์ดังกล่าวมีค่าความสามารถในการรวมตัวแบบทั่วไปเป็นบวกในลักษณะของผลผลิต และเมื่อนำไปสร้างลูกผสมแล้วมีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเป็นบวกในลักษณะผลผลิต

การวิเคราะห์แผนการผสมแบบพหุกันหมดตามวิธีของ Griffing (1956)

วิธีการวิเคราะห์ห้ออกเป็น 4 ลักษณะ โดยพิจารณาจากกลุ่มของลูกที่ใช้ในการทดสอบ

วิธีที่ 1 (method 1) กลุ่มของลูกที่ใช้ในการทดสอบจะประกอบด้วย สายพันธุ์พ่อแม่ ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) และลูกผสมสลับพ่อแม่ (reciprocal F1) มีทั้งหมด p^2 combinations (p) คือ จำนวนสายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้ในการผสม สามารถใช้ประเมินความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และความสามารถในการรวมตัวแบบสลับ

วิธีที่ 2 (method 2) กลุ่มของลูกที่ใช้ในการทดสอบจะประกอบด้วย สายพันธุ์พ่อแม่ และ ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) มีทั้งหมด $\frac{1}{2}p(p+1)$ combinations สามารถใช้ประเมินความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ

วิธีที่ 3 (method 3) กลุ่มของลูกที่ใช้ในการทดสอบจะประกอบด้วย ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) และลูกผสมสลับพ่อแม่ (reciprocal F1) มีทั้งหมด $p(p-1)$ combinations สามารถใช้ประเมินความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และความสามารถในการรวมตัวแบบสลับ

วิธีที่ 4 (method 4) กลุ่มของลูกที่ใช้ในการทดสอบจะมีลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) เพียงอย่างเดียว มีทั้งหมด $\frac{1}{2}p(p-1)$ combinations สามารถใช้ประเมินความสามารถในการรวมตัวทั่วไปและความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ

การเลือกทั้ง 4 วิธี เพื่อใช้วิเคราะห์ยังต้องพิจารณาถึงแบบหุ่่นที่ใช้ในการทดลองอีกด้วย โดย Griffing ได้แบ่งการวิเคราะห์จาก model ได้แก่ model แบบคงที่ และ model แบบสุ่ม ซึ่งเรียกว่า model I และ model II ตามลำดับ

Crossa *et. al.* (1990) ได้ทำการศึกษาในข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์ 8 พันธุ์คือ AS10, CGSS, CGL, BS-5, NDSD, NDSC, NDSF และ ASD) โดยทำการผสมแบบ diallel cross พบว่า พันธุ์ AS10, CGSS, NDSD และ NDSC มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นบวกในลักษณะผลผลิต เมื่อไปผสมข้ามกับสายพันธุ์อื่นๆ แล้วให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง และนอกจากนี้ ยังพบว่า พันธุ์ NDSC มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตอีกด้วย และ

หากพิจารณาลูกผสมที่มีพันธุ์ NDSC เป็นพันธุ์พ่อหรือแม่ พบว่าลูกผสมที่ได้มีผลผลิตสูง ดังนั้นพันธุ์ NDSC จึงเหมาะที่จะนำมาใช้พัฒนาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่เพื่อผลิตลูกผสมต่อไปทำนองเดียวกับ Beck *et al.* (1991) รายงานว่า ในการผสมข้ามโหนดแบบพบกันหมดระหว่างพ่อแม่ 9 สายพันธุ์ใน 2 สถานที่ คือ ประเทศเม็กซิโก และสหรัฐอเมริกา เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่สามารถปลูกได้ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน พบว่าประชากร 42 , 47 และ 34 ที่ปลูกในเม็กซิโกมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลผลิตของลูกผสมระหว่างประชากร 33x45 เท่านั้นที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับการทดลองในสหรัฐอเมริกา มีเพียงสายพันธุ์ 41 ที่ให้ค่าสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างกันทางสถิติ

Pixley and Bjarnason (1993) ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อให้มีปริมาณไลซีนและทริปโตเฟนสูง โดยสังเกตจากปริมาณโปรตีนในเมล็ดพบว่า พ่อแม่ที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุดให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นบวก และพ่อแม่ที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ จะให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นลบ ส่วนค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของปริมาณโปรตีนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

Sinobas and Monteagudo (1994) ได้ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของข้าวโพดพันธุ์ Reid กับ พันธุ์ Lancaster โดยทำการผสมแบบพบกันหมด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ของลักษณะผลผลิต ความยาวฝัก จำนวนแถวของฝัก และความกว้างของฝัก อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะความยาวฝัก จำนวนเมล็ดในแถวและความกว้างฝัก

โชคชัย และคณะ (2538) ได้ทำการประเมินค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ของสายพันธุ์ (SSWI27 x Ki21) BC2-S4 ที่ผสมกับพันธุ์ทดสอบ 3 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ที่ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกเป็นบวก จะเห็นว่าเมื่อผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ แล้วแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกสูง ได้แก่ พันธุ์ 22-2-1-2 (6.33 กิโลกรัมต่อไร่) และ 29-2-4-1 (26.00 กิโลกรัมต่อไร่) สายพันธุ์ที่ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของน้ำหนักฝักสด หลังเปลือกเปลือกเป็นบวก ได้แก่สายพันธุ์ 29-2-4-1 (19.86 กิโลกรัมต่อไร่) และ 33-2-1-1 (0.75 กิโลกรัมต่อไร่) ผลการประเมินค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ของสายพันธุ์ (SSWI 27 x KS 18-F2-S5-47-2) BC2-S4 ผสมกับตัวทดสอบ 3 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ที่ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ของน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก และหลังเปลือกสูงอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สายพันธุ์ 15-1-1-3 (94.62 กิโลกรัมต่อไร่) และ 36-1-3-6 (54.73 กิโลกรัมต่อไร่)

เช่นเดียวกับ Aekatasanawan *et al.* (1992) ได้ประเมินความสามารถการผสมของสายพันธุ์ TSC 1 DMR โดยนำสายพันธุ์แท้ของพันธุ์ TSC 1 DMR จำนวน 8 สายพันธุ์มาผสมแบบพบกกันหมด และทดสอบลูกผสมเดี่ยวที่ได้จากการผสมแบบพบกกันหมด 28 คู่ผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ (TSC 1 DMR และ HSK 27127) พบว่า สายพันธุ์แท้ TSC 1 DMR-S8-8-2-2 ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในลักษณะน้ำหนักฝักสดเปลือกเปลือก (146.1) ความยาวฝัก (0.642) ความหวาน (0.638) และคะแนนความกรอบ (-0.179) ลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์ดังกล่าวผสมกับสายพันธุ์แท้ SSWI 114 (อินทรี 1 หรือ KSSC 332) ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.05$) ในน้ำหนักฝักสดเปลือกเปลือก (83.2 กิโลกรัมต่อไร่) คู่ผสมนี้ให้น้ำหนักฝักสดเปลือกเปลือกเฉลี่ย 1,392 กิโลกรัมต่อไร่ ความยาวฝักเฉลี่ย 15.8 ซม. และคะแนนความกรอบ 1.1 ดีกว่าพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว HSX 27127 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ลูกผสมดังกล่าวยังมีความหวาน (15.1% brix) สูงกว่า พันธุ์ HSX 27127 (14.5% brix) และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ฝักเท่ากับ (3.9 ซม.) เช่นเดียวกับ Xingming (2001) ได้ทำการผสมข้ามระหว่างข้าวโพดจาก 10 พันธุ์ โดยแยกเป็น 5 พันธุ์จากเขตร้อน และเขตกึ่งร้อนจาก CIMMYT ส่วนอีก 5 พันธุ์จากพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศจีน ทำการผสมแบบพบกกันหมด ได้จำนวนคู่ผสม 45 คู่ พบว่า พันธุ์ที่ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงในลักษณะผลผลิตคือพันธุ์ CML161 และพันธุ์ CML166 และลูกผสม CML194 x Xin9101/02 และ CML166 x Qi205 มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของบริษัทสวีสต์ จำกัด จำนวน 8 สายพันธุ์ ประกอบด้วย hA2041, hA2133, hA2185, hA2205, hA2263, hA4135, hB9077, hA9035 และพันธุ์ที่ใช้ร่วมทดสอบ (check varieties) 2 พันธุ์ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวทางการค้า คือ พันธุ์ Hibrix – 3 และ SK0003

2. วัสดุและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการผสมพันธุ์และการบันทึกข้อมูล เช่น ถังคลุมช่อดอกตัวเมีย ถังคลุมช่อดอกตัวผู้ ป้ายชื่อพันธุ์ เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เป็นต้น

3. อุปกรณ์ในการวัดผลและบันทึกข้อมูล

วิธีการ

1. การสร้างลูกผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ 8 สายพันธุ์

1.1 ปลุกสายพันธุ์แท้ข้าวโพดหวานทั้ง 8 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 2 แถว โดยระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร และแต่ละแถวยาว 3 เมตร ใช้เครื่องปลูก (Jab) หยอดเมล็ดลงบนสันร่อง หยอดเมล็ดหลุมละ 2 เมล็ด เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 15 วันหลังงอกถอนกล้าให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

1.2 การคัดเลือกต้นพ่อและแม่ คัดเลือกต้นที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีแบบสุ่ม ผสมข้ามแบบพบกันหมด (diallel cross) โดยไม่สลับพ่อแม่ ได้จำนวนคู่ผสมทั้งหมด 28 คู่ผสม เก็บรวบรวมละอองเกสรตัวผู้จากสายพันธุ์พ่อผสมกับเกสรตัวเมียของสายพันธุ์แม่แบบสุ่ม จำนวน 5 ต้น ต่อคู่ผสม

1.3 การเก็บเมล็ดพันธุ์เก็บฝักจากแต่ละคู่ผสมจำนวน 5 ฝักต่อคู่ผสม กระเทาะเมล็ดรวมจากทุกฝักในแต่ละคู่ผสม เพื่อใช้ทดสอบพันธุ์ในฤดูต่อไป

2. การทดสอบลูกผสมเพื่อศึกษาสมรรถนะการผสม

2.1 ปลูกทดสอบพันธุ์ลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามแบบพบกันหมด (diallel cross) จำนวน 28 คู่ผสมร่วมกับพันธุ์ทดสอบ 2 พันธุ์ พันธุ์ละ 2 แถว ในแปลงย่อยขนาด 6 ตารางเมตร

2.2 การวางแผนการทดลองในแปลงทดสอบ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 6 ซ้ำ แบ่งปลูก 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ปลูกซ้ำที่ 1-3 ในวันที่ 7 พฤษภาคม 2549 และครั้งที่ 2 ปลูกซ้ำที่ 4-6 ในวันที่ 24 พฤษภาคม 2549

2.3 การเตรียมแปลงและการดูแลรักษา

การเตรียมแปลง โดยการยกร่องระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร แถวยาว 4 เมตร หยอดเมล็ด 2 เมล็ดต่อหลุม รอบๆแปลง ปลูกพันธุ์การก้าเป็น Guard Row ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

หลังปลูกให้น้ำด้วยระบบพ่นฝอย พ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช atrazine ในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่ในอัตรา 500 กรัมต่อไร่ จากนั้นให้น้ำทุกๆ 4 วันตลอดฤดูปลูก

เมื่อข้าวโพดอายุได้ 15 วันหลังออก ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น พร้อมกับใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่และใส่ปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 2 ในสูตรและอัตราเดียวกันเมื่อข้าวโพดอายุได้ 45 วัน

พ่นสารป้องกันกำจัดแมลง เมื่อตรวจพบการระบาด

3. การบันทึกข้อมูล

1. ความแข็งแรงของต้นอ่อน (seedling Vigor, SDV) โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ทดสอบ 2 พันธุ์ให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยที่

- 1 = ตันอ่อนแอที่สุด
- 2 = ตันอ่อนแอ
- 3 = ตันแข็งแรงปานกลาง
- 4 = ตันแข็งแรง
- 5 = ตันแข็งแรงที่สุด

2. ความต้านทานโรคและแมลง (Disease and insect resistance) พิจารณาตามเปอร์เซ็นต์การเป็นโรคและการถูกทำลาย ให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยที่

- 1 = ต้านทานต่อโรค (Resistant)
- 2 = ต้านทานต่อโรคปานกลาง
- 3 = ต้านทานต่อโรคน้อย
- 4 = อ่อนแอต่อโรคปานกลาง
- 5 = อ่อนแอต่อโรค (Susceptible)

3. วันออกดอก 50 % ของดอกตัวผู้ (Days to 50% tasseling)

บันทึกเป็นจำนวนวัน ตั้งแต่วันเริ่มปลูกจนถึงวันที่ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดต้องแปลงย่อยอยู่มีช่อดอกตัวผู้บานประมาณ 50%ของช่อดอก

4. วันออกไหม 50% (Day to 50 % silking)

บันทึกเป็นจำนวนวันตั้งแต่วันปลูกถึงวันที่จำนวนต้นมีไหมเริ่มโผล่พ้นปลายฝักประมาณ 2 ซม. จนครบ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดต้องแปลงย่อย

5. ความสูงต้น วัดเป็นเซนติเมตรจากระดับพื้นดินถึงข้อใบธงที่ระยะหลังผสมเกสร หรือใกล้เก็บเกี่ยว โดยสุ่มวัด 5 ต้นต่อแปลงย่อย

6. ความสูงฝัก วัดเป็นเซนติเมตรจากระดับพื้นดินถึงข้อฝักบนสุดที่ระยะหลังผสมเกสร หรือใกล้เก็บเกี่ยว โดยสุ่มวัด 5 ต้นต่อแปลงย่อย

7. การหักล้มของราก (Root lodging) นับจำนวนต้นล้มที่เอียงทำมุม $> 30^{\circ}$ กับแนวดิ่ง

8. จำนวนต้นต่อแปลงย่อย (Plant count) นับต้นทั้งหมดที่มีก่อนเก็บเกี่ยวต่อแปลงย่อย

9. วันเก็บเกี่ยว (Days to harvest) บันทึกเป็นจำนวนวันหลังปลูก โดยเก็บเกี่ยวหลังจากวันออกไหม 50 % แล้ว 20 วัน

10. ลักษณะต้น (Plant aspect) บันทึกเมื่อฝักเจริญเต็มที่ บันทึกถึงความสม่ำเสมอของต้นเมื่อฝักเจริญเต็มที่

11. ลักษณะผลผลิต

11.1 จำนวนฝักเก็บเกี่ยวต่อแปลงย่อย โดยเก็บเกี่ยวเฉพาะฝักบนเท่านั้น จากแปลงย่อยของแต่ละคู่ผสม (28 คู่ผสม)

11.2 น้ำหนักฝักทั้งเปลือกหลังจากการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย คัดเป็นกิโลกรัมต่อไร่ โดยคิดจากสูตร

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก} \times 1600}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (6 ตารางเมตร)}}$$

11.3 น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน (กิโลกรัม) คือ น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกโดยคัดเลือกฝักที่ดีที่สุดจำนวน 10 ฝักในแต่ละคู่ผสม ปรับค่าเป็นกิโลกรัมต่อไร่ โดยคิดจากสูตรเหมือนทำนองเดียวกับข้อ 11.2

11.4 น้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน (กิโลกรัม) คือ น้ำหนักฝักที่ปอกเปลือกแล้วของฝักที่ได้มาตรฐานในแต่ละคู่ผสมและปรับค่าเป็นกิโลกรัมต่อไร่ โดยคิดจากสูตรเหมือนข้อ 11.2

11.5 ขนาดฝัก บันทึกเป็นเซนติเมตร โดยวัดขนาดฝักจำนวน 5 ฝัก จากฝักที่ได้มาตรฐาน

11.5.1 ความยาวฝัก (Ear length, เซนติเมตร)

11.5.2 ความยาวส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ดโดยการให้คะแนน 1-5 (Tips Fill)

1 = ส่วนปลายที่ไม่ติดเมล็ดมากกว่า 5 เซนติเมตร

2 = ส่วนปลายที่ไม่ติดเมล็ดน้อยกว่า 4 เซนติเมตร

3 = ส่วนปลายที่ไม่ติดเมล็ดน้อยกว่า 3 เซนติเมตร

4 = ส่วนปลายที่ไม่ติดเมล็ดน้อยกว่า 2 เซนติเมตร

5 = ติดเมล็ดเต็มสุดปลายฝัก

11.5.3 ความกว้างฝัก (ED, cm)

11.6 จำนวนแถวต่อฝัก สุ่มนับจากฝักที่ใช้วัดความกว้างและความยาวจำนวน 3 ฝักต่อแปลงย่อย

11.7 เปลือกหุ้มฝัก (husk cover) บันทึกโดยให้คะแนน 1 - 5

1 = เปลือกหุ้มฝักไม่ดี หุ้มฝักหลวม มีส่วนของปลายฝักโผล่มาเกือบทุกฝัก

5 = เปลือกหุ้มฝักดีมาก ขาว หุ้มฝักได้แน่น มิดชิด

11.8 สีเมล็ด (Kernel color) โดยพิจารณาจากสีของเมล็ดเปรียบเทียบกับพันธุ์ ทดสอบ บันทึกโดยให้คะแนน 1-5

1 = Deep yellow

3 = Golden yellow

5 = Light gold

11.9 ลักษณะการเรียงแถวของเมล็ด (Kernal Arrangement, KA) โดยพิจารณาจาก การเรียงแถวของเมล็ด บันทึกโดยให้คะแนน 1-5

1 = เมล็ดมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เรียงแถวไม่เป็นระเบียบ

5 = เมล็ดมีขนาดสม่ำเสมอ แถวตรง เรียงเป็นระเบียบ

11.10 คุณภาพในการบริโภค ได้แก่ ความหวาน (sweetness) ความนุ่ม (Tenderness) ทดสอบโดยการกั๊กชิม โดยผู้มีประสบการณ์ แล้วให้คะแนนตั้งแต่ 1- 5

1 = เมล็ดไม่มีรสหวาน และเปลือกเมล็ดหนาติดฟันมาก

2 = เมล็ดมีรสหวานเล็กน้อย และเปลือกเมล็ดหนาติดฟัน

3 = เมล็ดหวานนุ่ม และเปลือกเมล็ดติดฟันเล็กน้อย

4 = เมล็ดหวานกรอบ และเปลือกเมล็ดติดฟันเล็กน้อย

5 = เมล็ดหวานกรอบ และเปลือกเมล็ดบางไม่ติดฟัน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. วิเคราะห์ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของลูกผสมเดี่ยวที่ได้จากผสมแบบพบกันหมด (Diallel cross) วิเคราะห์โดยใช้แผนการทดลอง RCBD ตามแบบจำลองของ สุรพล (2536) ซึ่งมีแบบจำลองและตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละการทดลอง

$$Y_{ij} = \mu + C_i + R_j + E_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตจาก block j ที่ได้รับคู่ผสม i

μ = ค่าเฉลี่ยของการทดลอง

T = อิทธิพลของคู่ผสมที่ i (i มีค่าตั้งแต่ 1 , 2 - - - , 28)

R_j = อิทธิพลของ block j (j มีค่าตั้งแต่ 1 , 2 - - - , 28)

E_{ij} = ความคลาดเคลื่อนที่สุ่ม

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ RCBD

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

เมื่อ t = จำนวนสิ่งทดลอง
 r = จำนวนซ้ำ

2. การวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม (Genetical Analysis) หลังจากวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้ว แบ่งแหล่งของความแปรปรวนเนื่องจาก cross combination ออกเป็นความแปรปรวนที่เกิดจากความสามารถในการผสมทั่วไป (GCA) และความแปรปรวนที่เกิดจากความสามารถในการให้ลูกผสมเฉพาะ (SCA) ตามวิธีการของ Griffing (1956) Method 4 Fixed Model ซึ่งมี model ดังนี้

$$X_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \frac{1}{bkl} \sum_k \sum_l e_{ijkl}$$

โดยที่ i, j = $1, \dots, p$ = จำนวนพ่อและแม่
 k = $1, \dots, b$ = จำนวนซ้ำ
 l = $1, \dots, s$ = จำนวนต้นต่อแปลง
ให้ μ = ค่าเฉลี่ยต่อประชากร
 $g_i (g_j)$ = อิทธิพลของ GCA ของพันธุ์ i (หรือพันธุ์ j)
 s_{ij} = อิทธิพลของ SCA จากการผสมพันธุ์ i กับพันธุ์ j
 e_{ijkl} = อิทธิพลสภาพแวดล้อมซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าสังเกต i, j, k และ l แต่ละค่า

การวิเคราะห์ variance และ EMS แสดงไว้ในตารางที่ 2 ในการวิเคราะห์นี้

$$M_e = Se_e / bc$$

$$S_g = \frac{1}{p-2} \sum_i X_{i.}^2 - \frac{4}{p(p-2)} X_{..}^2$$

$$S_s = \sum_{i<j} \sum_j x_{ij}^2 - \frac{1}{p-2} \sum_i x_{i.}^2 + \frac{2}{(p-1)(p-2)} X_{..}^2$$

การทดสอบอิทธิพลของ GCA และ SCA

$$\text{GCA} \quad \text{ใช้ } F_{[(p-1),m]} = M_g / M_e,$$

$$\text{SCA} \quad \text{ใช้ } F_{[(p(p-3)/2),m]} = M_s / M_e,$$

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและ EMS ของการวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัว
ตาม method 4 Model 1 (Griffing, 1956)

Source	D.F.	Sum of Squares*	Mean Squares	Expectation of Mean Squares
General combining ability	p - 1	S_g	M_g	$\sigma^2 + (p-2) \left(\frac{1}{p-1} \right) \sum_i g_i^2$
Specific combining ability	$p(p-3)/2$	S_s	M_s	$\sigma^2 + \left(\frac{2}{p(p-3)} \right) \sum_{i<j} \sum_j s_{ij}^2$
Error	m	S_e	M_e	σ^2

$$\hat{\mu} = \frac{2}{p(p-1)} X_{..}$$

$$\hat{g}_i = \frac{1}{p(p-2)} [pX_{i.} - 2X_{..}]$$

$$\hat{s}_{ij} = x_{ij} - \frac{1}{p-2}(X_{i.} + X_{.j}) + \frac{2}{(p-1)(p-2)}X_{..}$$

$$\text{var}(x_{ij}) = \sigma^2 = M_e'$$

$$\text{var}(x_{ij} - x_{kl}) = 2\sigma^2$$

$$\text{var}\left(\hat{\mu}\right) = \frac{2}{p(p-1)}\sigma^2$$

$$\text{var}\left(\hat{g}_i\right) = \frac{p-1}{p(p-2)}\sigma^2$$

$$\text{var}\left(\hat{s}_{ij}\right) = \frac{p-3}{p-1}\sigma^2 \quad (i \neq j)$$

$$\text{var}\left(\hat{g}_i - \hat{g}_j\right) = \frac{2}{p-2}\sigma^2 \quad (i \neq j)$$

$$\text{var}\left(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}\right) = \frac{2(p-3)}{p-2}\sigma^2 \quad (i \neq j, k; j \neq k)$$

$$\text{var}\left(\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}\right) = \frac{2(p-4)}{p-2}\sigma^2 \quad (i \neq j, k, l; j \neq k, l; k \neq l)$$

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัว ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป
วิเคราะห์ผลทางสถิติ R project (R Development Core team, 2006)

สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองของ บริษัทสวีสต์ จำกัด ต.ธารเกษม อ.พระพุทธรบาท จ.สระบุรี

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

การทดลองเริ่มต้นเดือน ตุลาคม 2547-สิงหาคม 2549

ผลและวิจารณ์

การทดลองนี้แบ่งการปลูกเป็น 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ปลูกซ้ำที่ 1-3 และครั้งที่ 2 ปลูกซ้ำที่ 4-6 พบว่า ในการปลูกครั้งที่ 2 มีหนอนเข้าทำลายโดยกัดกินใบและเจาะลำต้นข้าวโพดหวานในระยะที่ข้าวโพดหวานอายุ 35 - 40 วันหลังปลูก จึงได้พ่นสารเคมีกำจัดแมลงอะบาเม็กติน (Abamectin) ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ทำให้ต้นแคระแกร็น และให้ผลผลิตไม่สมบูรณ์ ฝักลีบเล็ก (ภาพที่ 1) ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในการปลูกครั้งที่ 2 ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น การทดลองนี้จึงใช้ข้อมูลจากการปลูกครั้งที่ 1 ในการวิเคราะห์ผลการทดลองเท่านั้น



ภาพที่ 1. แสดงความผิดปกติของต้น (a, b) และฝักข้าวโพดหวาน (c) จากผลกระทบของสารกำจัดแมลงอะบาเม็กติน (Abamectin)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ (Statistical Analysis)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะองค์ประกอบผลผลิต 3 ลักษณะ คือ น้ำหนักฝัก ทั้งเปลือกรวม น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน น้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน และ ลักษณะคุณภาพ 2 ลักษณะ คือ ความหวาน และความนุ่ม พบว่าทุกลักษณะที่ทำการศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) จึงศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้าวโพดหวานลูกผสม 28 คู่ผสมและพันธุ์ทดสอบ 2 พันธุ์ ในลักษณะองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะคุณภาพได้ผลการศึกษาดังนี้

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยข้าวโพดหวานลูกผสม 28 คู่ผสม และพันธุ์ทดสอบซึ่งเป็นพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน น้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน และลักษณะคุณภาพ 2 ลักษณะ คือ ความหวาน และความนุ่ม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือก

น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกหลังจากการเก็บเกี่ยวของแต่ละคู่ผสม พันธุ์ทดสอบซึ่งเป็นพันธุ์การค้า คือพันธุ์ SK0003 และพันธุ์ Hibrix 3 ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือก 3,537.78 และ 3,875.56 กิโลกรัมต่อไร่ ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงในระดับเดียวกับพันธุ์ทดสอบ คือ คู่ผสม hB9077 x hA2041, hB9077 x hA4135, hB9077 x hA2133, hB9077 x hA9035, hA4135 x hA2263 และ hA2133 x hA2041 ให้น้ำหนักผลผลิตฝักทั้งเปลือกเฉลี่ย 3,706.7 3,600 3,440 3,431.1 และ 3,377.8 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยที่ไม่มีคู่ผสมใดที่ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือกสูงกว่าพันธุ์ทดสอบคือ พันธุ์ Hibrix 3 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ของข้าวโพดหวานลูกผสม

Source of Variation	d.f.	Mean Square				
		น้ำหนักฝักทั้งเปลือก	น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน	น้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน	ความหวาน	ความนุ่ม
Replication	2	43859.753	776.533	536.415	0.011	0.100
Cross Combinations	29	399541.18**	48718.03**	23339.48**	1.03**	1.57**
Error	58	75410.20	2327.08	1631.12	0.21	0.16
C.V (%)		8.8	4.6	5.7	13.3	12.02

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.01

ผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน

พบว่าพันธุ์ทดสอบ 2 พันธุ์ คือพันธุ์ SK0003 และพันธุ์ Hibrix 3 ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือก 1,192.9 และ 1,131.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงใกล้เคียงกับพันธุ์ทดสอบ คือ คู่ผสม hB9077 x hA2041, hB9077 x hA9035, hB9077 x hA4135 hA2205 x hA2041 และ hB9077 x hA2133 ให้น้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือก 1,296 1,288 1,511.11 1,144 และ 1,098.7 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ผลผลิตฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน

พันธุ์การค้าที่ใช้เป็นพันธุ์ทดสอบ คือพันธุ์ SK0003 และพันธุ์ Hibrix 3 ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือก 856 และ 928 กิโลกรัมต่อไร่ ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงในระดับเดียวกับพันธุ์ทดสอบ คือ คู่ผสม hB9077 x hA9035, hA2041 x hA9035, hA2133 x hA9035, hA2205 x hA2041 และ hB2205 x hA9035 ให้น้ำหนักผลผลิตทั้งเปลือก 884.44 778.67 775.11 773.33 และ 752 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) และไม่มีคู่ผสมใดที่ให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกมาตรฐานสูงกว่าพันธุ์ทดสอบทั้งสองพันธุ์

ลักษณะของผลผลิตข้าวโพดหวานจะพิจารณาจากลักษณะผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือก ลักษณะผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน และลักษณะผลผลิตฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน เพราะช่องทางการตลาดสำหรับข้าวโพดหวานนั้นแบ่งเป็น ตลาดข้าวโพดฝักสดและข้าวโพดหวานแปรรูป ข้าวโพดหวานฝักสดจะวัดผลผลิตเป็นจำนวนฝักดีหรือฝักสดที่ได้มาตรฐานต่อไร่ เนื่องจากในระบบตลาดปัจจุบันฝักขนาดใหญ่จะมีราคามากกว่าฝักขนาดกลางหรือฝักขนาดเล็ก ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อตลาดฝักสดให้ความสำคัญกับลักษณะผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน ขนาดฝักใหญ่และสม่ำเสมอ ส่วนตลาดข้าวโพดหวานแปรรูปจะวัดผลผลิตเป็น กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์จะพิจารณาจากลักษณะผลผลิตน้ำหนักฝักทั้งเปลือก นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงน้ำหนักข้าวโพดตัดเมล็ด (cut kernel corn) ต่อน้ำหนักฝักทั้งหมด ซึ่งด้วยลักษณะนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของเปลือก (husk) และความลึกของเมล็ด โดยพิจารณาได้จากลักษณะน้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อเพิ่มผลผลิตจึงต้องคำนึงวัตถุประสงค์ทางการตลาดเป็นหลักในการคัดเลือกพันธุ์ (ทวีศักดิ์, 2540)

จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลูกผสมจะเห็นว่า กลุ่มผสมที่มีแนวโน้มดีเด่นในลักษณะองค์ประกอบน้ำหนักผลผลิตทั้ง 3 ลักษณะ คือ กลุ่มผสม hB9077 x hA2041 และ hB9077 x hA9035 แต่หากพิจารณาตามคำแนะนำของ ทวีศักดิ์ (2540) พบว่า กลุ่มผสม hB9077 x hA9035 เป็นกลุ่มผสมที่ดีเด่นในลักษณะน้ำหนักผลผลิต ตรงตามความต้องการทั้งตลาดข้าวโพดหวานฝักสด และตลาดข้าวโพดหวานแปรรูป เนื่องจากเป็นกลุ่มผสมที่มีน้ำหนักฝักทั้งเปลือกสูงเป็นอันดับ 4 น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐานสูงเป็นอันดับ 2 และน้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐานสูงเป็นอันดับ 1 (ตารางที่ 4) แสดงว่ากลุ่มผสม hB9077 x hA9035 เป็นกลุ่มผสมที่มีขนาดฝักใหญ่และสม่ำเสมอเท่ากัน โดยพิจารณาจากอันดับน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน และยังมีเปลือกหุ้มฝักบางโดยพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างอันดับน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐานและอันดับน้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน

ลักษณะทางคุณภาพของข้าวโพดหวาน (ความหวานและความนุ่ม)

การวัดค่าความหวานและความนุ่มในการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีทดสอบโดยการกัดชิมหลังหนึ่ง โดยผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะ สำหรับค่าความหวานของเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวโพดหวานแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของเมล็ดบน รวมทั้งความหวานของเปลือกเมล็ดในระดับความชื้นที่แตกต่างกัน มีผลต่อความหวานบางของเปลือกเมล็ดเมื่อใช้เครื่องมือวัด ดังนั้นการทดสอบคุณภาพข้าวโพดหวานโดยการกัดชิม เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด เพราะการกัดชิมทำให้ทราบถึง รสชาติ ความหวาน ความกรอบ และความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด

จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มผสมในลักษณะคุณภาพ คือ ความหวานและความนุ่ม พบว่าพันธุ์ทดสอบซึ่งเป็นพันธุ์การค้า คือพันธุ์ Hibrix 3 มีระดับคะแนนความหวานและความนุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และ 4.00 ส่วนพันธุ์ SK0003 มีระดับคะแนนความหวานและความนุ่มน้อยกว่าพันธุ์ Hibrix 3 โดยมีระดับคะแนนความหวานและความนุ่มเท่ากับ 3.33 และ 3.00 (ตารางที่ 4) ดังนั้นจึงพิจารณาเปรียบเทียบความหวานและความนุ่มของลูกผสมเกี่ยวกับ Hibrix 3 เท่านั้น ลูกผสมเดียวที่มีระดับคะแนนความหวานและความนุ่มในระดับเดียวกับพันธุ์ทดสอบมาตรฐาน คือ กลุ่มผสม hA4135 x hA2185, hA2263 x hA2205, hA4135 x hA2205, hB9077 x hA2205 และ hB9077 x hA9035 โดยมีระดับคะแนนความหวานเท่ากับ 4.00 และความนุ่มเท่ากับ 4.00 ทุกกลุ่มผสม มีเพียงกลุ่มผสม hA4135 x hA2205 เท่านั้นที่มีระดับคะแนนความหวานและความนุ่มเท่ากับ 4.00 และ 4.33 (ตารางที่ 4) สูงกว่าพันธุ์มาตรฐาน

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตจากน้ำหนักรักทั้งเปลือก ผลผลิตน้ำหนักรักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน ผลผลิตฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน ความหวานและความนุ่มของข้าวโพดหวานลูกผสมและพันธุ์ทดสอบ

ลูกผสม			ผลผลิตจาก น้ำหนักรัก ทั้งเปลือก	ผลผลิต น้ำหนักรักทั้ง เปลือกที่ได้ มาตรฐาน	ผลผลิตฝักปอก เปลือกที่ได้ มาตรฐาน	ความ หวาน	ความนุ่ม
hA2133	x	hA2041	3377.78	1040.89	675.56	2.33	2.00
hA2185	x	hA2041	3031.11	1037.33	771.56	3.33	3.00
hA2205	x	hA2041	3324.44	1144.00	773.33	3.67	3.33
hA2263	x	hA2041	3280.00	1043.56	689.78	3.67	2.33
hA4135	x	hA2041	3004.44	985.78	582.22	3.00	2.33
hB9077	x	hA2041	3706.67	1296.00	775.11	2.33	2.00
hA2185	x	hA2133	2844.44	924.44	642.67	3.00	3.00
hA2205	x	hA2133	2800.00	886.22	641.78	3.67	3.67
hA2263	x	hA2133	2711.11	891.56	631.11	3.33	3.67
hA4135	x	hA2133	3048.89	1051.56	678.22	3.67	3.33
hB9077	x	hA2133	3440.00	1098.67	718.22	3.00	3.67
hA2205	x	hA2185	2524.44	873.78	590.22	3.67	4.00
hA2263	x	hA2185	2755.56	898.67	665.78	3.00	3.00
hA4135	x	hA2185	3004.44	969.78	632.89	4.00	4.00
hB9077	x	hA2185	2622.22	1024.00	671.11	2.33	2.33
hA2263	x	hA2205	2231.11	760.89	540.44	4.00	4.00
hA4135	x	hA2205	2862.22	954.67	607.11	4.00	4.33
hB9077	x	hA2205	3066.67	1052.44	703.11	4.00	4.00
hA4135	x	hA2263	3377.78	946.67	639.11	4.33	4.33
hB9077	x	hA2263	3244.44	1106.67	725.33	3.33	3.33
hB9077	x	hA4135	3600.00	1151.11	695.11	4.00	4.00

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลูกผสม			ผลผลิตจาก น้ำหนักฝัก ทั้งเปลือก	ผลผลิต น้ำหนักฝักทั้ง เปลือกที่ได้ มาตรฐาน	ผลผลิตฝักปอก เปลือกที่ได้ มาตรฐาน	ความ หวาน	ความนุ่ม
hA2041	x	hA9035	3120.00	1094.22	778.67	2.33	2.00
hA2133	x	hA9035	2782.22	1078.22	775.11	2.67	2.67
hA2185	x	hA9035	3093.33	1031.11	718.22	3.33	3.33
hA2205	x	hA9035	3288.89	1091.56	752.00	4.00	3.33
hA2263	x	hA9035	3084.44	1051.56	736.00	3.33	3.00
hA4135	x	hA9035	3200.00	1058.67	721.78	3.67	4.00
hB9077	x	hA9035	3431.11	1288.00	884.44	4.00	4.00
SK0003 (check)			3537.78	1192.89	856.00	3.33	3.00
Hib-3 (check)			3875.56	1311.11	928.00	4.00	4.00
LSD a=0.05			448.813	78.83	65.999	0.743	0.649
LSD a=0.01			597.146	104.884	87.812	0.988	0.863

การวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม (Genetic Analysis)

หลังการวิเคราะห์ผลทางสถิติของทุกลักษณะที่ทำการศึกษา คือน้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน น้ำหนักฝักปกเปลือกที่ได้มาตรฐาน และลักษณะคุณภาพ คือ ความหวานและความนุ่ม ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติแล้วนั้น ได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แท้ที่ทำการทดสอบโดยแยกเป็นลักษณะผลผลิตและลักษณะคุณภาพได้ดังนี้

ผลผลิตจากน้ำหนักฝักทั้งเปลือก

เป็นน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกหลังจากการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยของแต่ละกลุ่มผสม เมื่อวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม ความแปรปรวนที่เป็นผลมาจากสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในตารางที่ 5 พบว่าสายพันธุ์แท้ hB9077 และ hA2041 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุดคือ 274.44 และ 230 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงสุดได้แก่ กลุ่มผสม hA9035 / hA2205 มีค่าเท่ากับ 361.06 รองลงมาคือ กลุ่มผสม hA4135 / hA2263 มีค่าเท่ากับ 335.87 (ตารางที่ 6)

ในการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อใช้เป็นพ่อแม่ ที่จะให้ลูกผสมที่ให้ผลผลิตน้ำหนักทั้งเปลือกสูงสุดนั้น ลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุด ถ้าสมรรถนะการผสมเฉพาะไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าสมรรถนะการผสมเฉพาะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากสายพันธุ์แท้ที่มีสมรรถนะการผสมสูงทั้งสองแบบ (Baker, 1978)

สมรรถนะการผสมทั่วไปของแต่ละสายพันธุ์ (จีดเส้นใต้บนเส้นทแยงมุม) และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะของแต่ละกลุ่มผสม (ด้านล่างของแนวเส้นทแยงมุม) ของลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกดังแสดงในตารางที่ 6 สายพันธุ์แท้ที่น่าสนใจในลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกคือ hB9077 , hA9035 , hA2263 และ hA2041

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับความสามารถในการรวมตัวของลักษณะต่าง ๆ ของข้าวโพดหวานลูกผสม

Source of Variation	d.f.	Mean Square				ความหวาน	ความนุ่ม
		น้ำหนักฝักทั้งเปลือก	น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน	น้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน			
GCA Effect	7	250385.42**	42845.87**	15131.01**		0.87**	1.49**
SCA Effect	20	1441147.18**	160689.71**	81871.12**		1.53**	1.46**
Error	58	75410.20	2327.08	1631.12		0.21	0.16
GCA/SCA		0.17:1	0.27:1	0.18:1		0.57:1	1.02:1

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางที่ 6 การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป(แนวเส้นทแยงมุม)สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม)และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะ
ผลผลิตน้ำหนักทั้งเปลือก

Inbred Line	hA2041	hA2133	hA2185	hA2205	hA2263	hA4135	hB9077	hA9035	Array means
	-----kg/rai-----								
hA2041	<u>230**</u>	3378	3031	3324	3280	3004	3707	3120	3263
hA2133	158.1	<u>-76.67</u>	2844	2800	2711	3049	3440	2782	3001
hA2185	-0.42	119.58	<u>-264.810</u>	2524	2756	3004	2622	3093	2839
hA2205	255.87	38.1	-49.31	<u>-227.78</u>	2231	2862	3067	3289	2871
hA2263	113.65	-148.57	84.02	-477.46	-130	3378	3244	3084	2955
hA4135	-397.46	-46.35	97.35	-81.9	335.87	<u>105.56</u>	3600	3200	3157
hB9077	135.87	175.87	-453.76	-46.35	33.65	153.65	<u>274.44**</u>	3431	3302
hA9035	-265.61	-296.72	202.54	361.06	58.84	-61.16	1.06	<u>89.26</u>	3143

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

* * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ผลผลิตน้ำหนักรากทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน

เมื่อวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมพบว่า ความแปรปรวนเนื่องจากสมรรถนะการผสมทั่วไป และสมรรถนะการผสมเฉพาะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังตารางที่ 5 โดยสายพันธุ์แท้ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงที่สุดคือ hB9077 และ hA9035 มีค่าเท่ากับ 134.81 และ 80.89 ตามลำดับ ส่วนคู่ผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงที่สุดได้แก่ คู่ผสม hA2205/hA2041 และ hA4135/hA2133 มีค่าเท่ากับ 116.06 และ 76.21 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 7

ดังนั้นสายพันธุ์แท้ที่มีแนวโน้มว่าจะให้ลักษณะผลผลิตน้ำหนักรากทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐานสูงสุดคือ hB9077, hA2205 และ hA2041

ผลผลิตฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน

ผลผลิตฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐานของข้าวโพดหวาน คือ น้ำหนักฝักที่ปอกเปลือกแล้วของฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมพบว่า ความแปรปรวนเนื่องจากสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังตารางที่ 5 โดยสายพันธุ์แท้ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงที่สุดคือ hA9035 และ hB9077 มีค่าเท่ากับ 85.37 และ 53.07 ตามลำดับ ส่วนคู่ผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงที่สุดได้แก่ คู่ผสม hA2205 / hA2041 รองลงมาคือ คู่ผสม hA2185 / hA2041 มีค่าเท่ากับ 88.87 และ 73.02 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 8

ในทำนองเดียวกับลักษณะน้ำหนักรากทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน พบว่า สายพันธุ์แท้ที่มีแนวโน้มว่าจะให้ลักษณะผลผลิตน้ำหนักรากฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐานสูงสุดเหมือนกันคือ hA9035, hA2205 และ hA2041

ตารางที่ 7 การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะผลผลิตน้ำหนักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน

Inbred Line	hA2041	hA2133	hA2185	hA2205	hA2263	hA4135	hB9077	hA9035	Array means
	-----kg/rai-----								
hA2041	<u>72.3*</u>	1041	1037	1144	1044	986	1296	1094	1092
hA2133	-21.71	<u>-39.41</u>	924	886	892	1052	1099	1078	996
hA2185	10.14	8.95	<u>-74.81</u>	874	899	970	1024	1031	966
hA2205	116.06	-30.01	-7.05	<u>-74.07</u>	761	955	1052	1092	966
hA2263	26.29	-14.01	28.51	-110.01	<u>-84.74</u>	947	1107	1052	957
hA4135	-101.27	76.21	29.84	13.99	16.66	<u>-14.96</u>	1151	1059	1017
hB9077	59.17	-26.46	-65.71	-38.01	26.88	1.54	<u>134.81**</u>	1288	1145
hA9035	-88.68	7.03	-4.68	55.03	25.69	-36.97	42.58	<u>80.89*</u>	1099

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางที่ 8 การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะผลผลิตน้ำหนักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน

Inbred Line	hA2041	hA2133	hA2185	hA2205	hA2263	hA4135	hB9077	hA9035	Array means
	-----kg/rai-----								
hA2041	32.04*	675.56	771.56	773.33	689.78	582.22	775.11	778.67	720.89
hA2133	-34.69	-15.22	642.67	641.78	631.11	678.22	718.22	775.11	680.38
hA2185	73.02	-8.61	-26.93	590.22	665.78	632.89	671.11	718.22	670.35
hA2205	88.87	4.57	-35.28	-41.00	540.44	607.11	703.11	752.00	658.29
hA2263	2.05	-9.35	37.02	-74.24	-37.74	639.11	725.33	736.00	661.08
hA4135	-93.65	49.61	15.98	4.28	33.02	-49.59	695.11	721.78	650.92
hB9077	-3.43	-13.06	-48.47	-2.39	16.57	-1.80	53.07**	884.44	738.92
hA9035	-32.17	11.53	-33.65	14.20	-5.06	-7.43	52.571	85.37**	766.60

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

* * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ลักษณะทางคุณภาพของข้าวโพดหวาน (ความหวานและความนุ่ม)

เมื่อวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม พบว่า ความแปรปรวนเนื่องจากสมรรถนะการผสมทั่วไป และสมรรถนะการผสมเฉพาะ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 5) และจากค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปของแต่ละสายพันธุ์ และค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะของแต่ละคู่ผสม ในลักษณะความหวานและความนุ่ม (ตารางที่ 9, 10) พบว่า สายพันธุ์แท้ hA2205 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุดทั้งในลักษณะความหวานและความนุ่ม โดยมีค่าเท่ากับ 0.54 และ 0.64 ตามลำดับ รองลงมาคือสายพันธุ์แท้ hA2263 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปในลักษณะความหวานเท่ากับ 0.21 และสายพันธุ์แท้ hA4135 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปในลักษณะของความนุ่มเท่ากับ 0.56 ตามลำดับ และคู่ผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงสุดทั้งความหวานและความนุ่มคือคู่ผสม hB9077/hA9035 โดยให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะเท่ากับ 0.85 และ 0.77 ตามลำดับ นอกจากนี้ ในส่วนของลักษณะความนุ่มยังมีคู่ผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงเท่ากับคู่ผสม hB9077/hA9035 คือ คู่ผสม hA2041/hA2185

เนื่องจากสมรรถนะการผสมทั้งสองแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ หากพิจารณาจากสายพันธุ์แท้ที่ให้สมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง พบว่าสายพันธุ์แท้ที่น่าสนใจว่ามีแนวโน้มจะให้ลูกผสมที่มีลักษณะคุณภาพสูงคือสายพันธุ์แท้ hA2205, hB9077, hA9035, hA2041 และ hA2185

จากการศึกษาสมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แท้ข้าวโพดหวานทั้ง 8 สายพันธุ์ หากจะแบ่งสมรรถนะการผสมทั่วไปออกตามลักษณะที่ทำการศึกษาลักษณะผลผลิตและลักษณะคุณภาพ จะพบว่า สายพันธุ์แท้ hB9077, hA2041 และ hA9035 มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง ส่วนสายพันธุ์แท้ hA4135, hA2263 และ hA2205 มีแนวโน้มให้ลูกผสมที่มีลักษณะทางคุณภาพดี โดยรวมจะเห็นว่าลูกผสมที่ดีที่สุดส่วนใหญ่มาจากพ่อแม่ที่สมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงสุด เนื่องจากมีอิทธิพลของยีนแบบผลบวกในลักษณะนั้นสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชวนชัย (2544) ที่พบว่าลำดับของผลผลิตและสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ ไม่มีความสัมพันธ์กับการให้ลูกผสมที่ดี แต่ลูกผสมที่ดีมาจากการที่พ่อหรือแม่อย่างน้อยข้างหนึ่งข้างใดมีผลผลิตหรือสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง โดยพ่อและแม่ต้องมาจากแหล่งพันธุกรรมที่แตกต่างกัน (ชลอง, 2547; โชคชัย และคณะ; 2538; นันธิมา; 2548; พชรินทร์, 2549)

นอกจากนี้ กฤษณา (2544) ได้อ้างงานวิจัยของ Lonquist (1953) ว่า ควรพิจารณาคู่ผสมที่ข้างหนึ่งมีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง และข้างหนึ่งมีสมรรถนะการผสมทั่วไปต่ำมากๆ เนื่องจากอาจมียีนตัวใหม่ๆที่เป็นประโยชน์แฝงอยู่ในพวกที่มีสมรรถนะการผสมต่ำ และคู่ผสมเช่นนี้มักจะให้ค่า $G \times E$ สูง กล่าวคือปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้หลากหลาย

การวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะที่มีค่าสูงในลักษณะผลผลิต พบว่า มีเพียง 6 คู่ผสมที่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะสูง โดยสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงทั้งคู่คือ คู่ผสม hB9077 x hA9035 กลุ่มที่ 2 กลุ่มสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงเพียงข้างใดข้างหนึ่งคือ คู่ผสม hA9035 x hA2205, hA4135 x hA2263, hA2205 x hA2041 และ hA2185 x hA2041 และกลุ่มที่ 3 กลุ่มสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปต่ำทั้งคู่มี 1 คู่ผสม ได้แก่ คู่ผสม hA4135 x hA2133

ส่วนค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะที่มีค่าสูงในลักษณะคุณภาพพบใน 2 คู่ผสมและจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงเพียงข้างใดข้างหนึ่งมี 1 คู่ผสม ได้แก่ คู่ผสม hB9077 x hA9035 กลุ่มที่ 2 กลุ่มสายพันธุ์พ่อแม่มีค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปต่ำทั้งคู่มี 1 คู่ผสม ได้แก่ คู่ผสม hA2041 x hA2185 สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (ฉลอง, 2547; โชคชัย และคณะ; 2538; นันธิมา; 2548; พัทรินทร์, 2549)

ตารางที่ 9 การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และ ค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะความหวาน

Inbred Line	hA2041	hA2133	hA2185	hA2205	hA2263	hA4135	hB9077	hA9035	Array means
	-----kg/rai-----								
hA2041	<u>-0.51</u>	2.33	3.33	3.67	3.67	3.00	2.33	2.33	2.95
hA2133	-0.20	<u>-0.33</u>	3.00	3.67	3.33	3.67	3.00	2.67	3.10
hA2185	0.63	0.13	<u>-0.18</u>	3.67	3.00	4.00	2.33	3.33	3.24
hA2205	0.25	0.08	-0.09	<u>0.54**</u>	4.00	4.00	4.00	4.00	3.86
hA2263	0.58	0.08	-0.42	-0.14	<u>0.21</u>	4.33	3.33	3.33	3.57
hA4135	-0.37	0.13	0.30	-0.42	0.25	<u>0.49**</u>	4.00	3.67	3.81
hB9077	-0.42	0.08	-0.75	0.19	-0.14	0.25	<u>-0.13</u>	4.00	3.29
hA9035	-0.48	-0.31	0.19	0.13	-0.20	-0.14	0.80	<u>-0.07</u>	3.33

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ตารางที่ 10 การประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (แนวเส้นทแยงมุม) สมรรถนะการผสมเฉพาะ (ใต้เส้นทแยงมุม) และค่าเฉลี่ย (บนเส้นทแยงมุม) ในลักษณะความนุ่ม

Inbred Line	hA2041	hA2133	hA2185	hA2205	hA2263	hA4135	hB9077	hA9035	Array means
	-----kg/rai-----								
hA2041	<u>-1.00</u>	2.00	3.00	3.33	2.33	2.33	2.00	2.00	2.43
hA2133	-0.12	<u>-0.17</u>	3.00	3.67	3.67	3.33	3.67	2.67	3.14
hA2185	0.77	-0.06	<u>-0.06</u>	4.00	3.00	4.00	2.33	3.33	3.24
hA2205	0.44	-0.06	0.16	<u>0.60**</u>	4.00	4.33	4.00	3.33	3.81
hA2263	-0.06	0.44	-0.34	-0.01	<u>0.11</u>	4.33	3.33	3.00	3.38
hA4135	-0.51	-0.34	0.21	-0.12	0.38	<u>0.56**</u>	4.00	4.00	3.76
hB9077	-0.34	0.49	-0.95	0.05	-0.12	0.10	<u>0.06</u>	4.00	3.33
hA9035	-0.17	-0.34	0.21	-0.45	-0.29	0.27	0.77	<u>-0.11</u>	3.19

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์สมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แท้ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *shrunkn 2* 8 สายพันธุ์ โดยการผสมแบบพบกันหมดโดยไม่สลับพ่อแม่ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์แท้ โดยแบ่งเป็นกลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงได้แก่ สายพันธุ์แท้ hB9077 hA2041 และ hA9035 ซึ่งมีความโดดเด่นในลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน ตามลำดับ และในส่วนของลักษณะทางคุณภาพนั้น สายพันธุ์แท้ hA2205, hA2263 และ hA4135 เป็นสายพันธุ์ที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุดทั้งในลักษณะความหวานและความนุ่ม คู่ผสมที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงในลักษณะน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน และน้ำหนักฝักเปลือกเปลือกที่ได้มาตรฐาน คือคู่ผสม hB9077 x hA9035 เป็นการแสดงออกของยีนแบบผลบวก คู่ hA9035 x hA2205, hA4135 x hA2263, hA2205 x hA2041 และ hA2185 x hA2041, hA4135 x hA2133 ส่วนค่าสมรรถนะการรวมตัวเฉพาะที่มีค่าสูงในลักษณะคุณภาพมี 2 คู่ผสม ได้แก่ คู่ผสม hB9077 x hA9035 และคู่ผสม hA2041 x hA2185

การคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดหวานต้องการสมดุลระหว่างคุณภาพเมล็ด คุณภาพฝัก และผลผลิต ซึ่งมีความสำคัญเรียงตามลำดับ ขึ้นอยู่กับการนำผลผลิตไป คุณภาพเมล็ดนอกจากจะพิจารณาจากรูปร่างเมล็ด สีของเมล็ด ยังขึ้นอยู่กับความหนาของเปลือกเมล็ด รสชาติ กลิ่น ความนุ่ม สิ่งเหล่านี้ไม่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และคุณภาพของฝัก คุณภาพของฝักพิจารณาจาก การเรียงเมล็ด ความยาวฝัก ความกว้างฝัก จำนวนแถวของเมล็ด การติดเมล็ดเต็มฝัก ความลึกของเมล็ด บางลักษณะก็ไม่เกี่ยวข้องกับผลผลิต ส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต มักจะขัดแย้งซึ่งกันและกัน การคัดเลือกข้าวโพดหวานจึงซับซ้อนมากกว่าจะมองลักษณะใดลักษณะหนึ่งเพียงอย่างเดียว พันธุ์ที่ดีมักมาจากการให้สมดุลกับลักษณะทั้งสามลักษณะ พันธุ์ที่ลักษณะคุณภาพดีแต่ไม่คุ้มค่าในการผลิตก็ไม่มีประโยชน์ พันธุ์ที่ผลผลิตสูง แต่ไม่มีผู้รับประทานก็ไร้ค่า ด้วยเหตุผลดังกล่าวการคัดเลือกพันธุ์จึงควรให้ความสำคัญกับลักษณะต่างร่วมกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2550. ข้อมูลพื้นฐาน – สถิติการเกษตร. 2550. แหล่งที่มา:

<http://www.doc.go.th>, 28 มีนาคม 2551.

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2544. ปรับปรุงพันธุ์: ความหลากหลายของแนวคิด.

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2546. ปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐาน วิชาการ และแนวคิด.

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

กมล เลิศรัตน์. 2536. การปรับปรุงพันธุ์พืชผสมข้าม. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ฉลอง เกิดศรี. 2546. ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานของศูนย์วิจัยพืชไร่

สงขลา. หน้า 137. ใน เอกสารการประชุมการสัมมนาวิชาการเรื่อง “ทิศทางการพัฒนาข้าวโพดหวานระหว่างภาครัฐร่วมกับภาคเอกชน” วันที่ 5-6 สิงหาคม 2546 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, ชัยนาท.

ชวนชัย ผ่องใสย์. 2544. การทดสอบสมรรถนะการผสมชั่วที่ S_4 เพื่อเป็นดัชนีสำหรับการ

ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ และนพพงศ์ จุลจอหอ.

2538. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยว: พันธุ์อินทรีย์ 1, หน้า 202-209. ใน รายงานผลการวิจัยสาขาพืชในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 วันที่ 30 มกราคม–1 กุมภาพันธ์ 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดำเนิน กาละดี. 2545. เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืช. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ทวีศักดิ์ ภู่อล้า. 2536. ข้าวโพดฝักสด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 26 (4-6): 88-112.

ทวีศักดิ์ ภู่อล้า. 2540. ข้าวโพดหวานการปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า. โอเอสพรีนติ้ง-เฮาส์, กรุงเทพฯ ฯ.

เทอด เจริญวัฒนา. 2521. การปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

นันทิมา ทองนรินทร์. 2548. การศึกษาความสามารถในการรวมตัวของข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประวิตร พุทธานนท์, ศิริชัย บุญส่ง, สุรินทร์ ดีสีปาน, เสธฐา ศิริพินทุ์, อภิชาติ สวนคำทอง, เรืองชัย จูวัฒนสำราญ, อนนก โชติณณางษ์, จินดา จันทรอ่อน และเสกสรร ลงจันทิก. 2548. ใน: ข้าวโพดฝักสดของไทยมุ่งสู่ตลาดโลก วันที่ 14-15 กุมภาพันธ์ 2548 ณ ศูนย์กล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

พัชรินทร์ แฉล้มไธสง. 2549. การทดสอบหาสายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างพันธุ์ข้าวโพดหวานฝักเล็กลูกผสมชั่วแรก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พาโชค พงษ์พานิช. 2547. ข้าวโพดลูกผสมกับการเกษตรของประเทศไทย. เอกสารประกอบการฝึกอบรมปรับปรุงพันธุ์พืช: โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชต้นแบบ. วันที่ 9-10 ตุลาคม 2547 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, นครสวรรค์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2525. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

รังสฤษฎ์ ภาวดีตะ. 2539. การปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ฯ.

- รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย. 2535. อิทธิพลของขบวนการแปรรูปต่อปริมาณน้ำตาล สี และเนื้อสัมผัส
ข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิเชียร กิรตินิจกาล. 2538. การปรับปรุงความอ่อนนุ่มในข้าวโพดหวานโดยวิธีการคัดเลือก 2 วิธี,
138-143. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.
- วิรุฬ ปัดทุม. 2544. การทดสอบหาสายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างพันธุ์ประชากร
ลูกผสมข้าวโพดหวานเมล็ดสีเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรพล อุปติสสกุล. 2536. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- Aekatasanawan, C., S. Jampatong, C. Aekatasanawan and N. Chulchoho. 1992. A
diallel cross among 8 inbred lines of Thai Supersweet Composite 1 DMR variety.
Thailand Natl. Corn and Sorghum Program 1992 Annu. Rep. 24. Jenkins,
M.T. and A.M. Brunson. 1932. A method of testing inbred lines of maize in
crossbred combinations. **J. Am. Soc. Agron.** 24: 523 - 530.
- Andrew. 1982. Factors Influencing Early Seeding Vigor of Shrunken-2 Maize. **Crop Sci.** 22:
122-124.
- Azanza, F., J.A. Juvik and B.P. Klein. 1994. Relationship between sensory quality attributes
and kernel chemical composition of fresh-frozen sweet corn. **Journal of Food
Quality.** 17: 159-172.
- Bailey, D.M. and R.M. Bailey. 1938. The relationship of pericarp to tenderness in sweet corn.
Hort Sci. 36: 555 - 559.
- Baker, R.J. 1978. Issue in diallel analysis. **Crop Sci.** 18: 533-536.

- Beck, D.L., S.K. Vasal and J. Cross. 1991. Heterosis and combining ability among subtropical and temperature intermediate-maturity maize germplasm. **Crop Sci.** 31: 68-73.
- Bills, D.D. and T.W. Keenan. 1968. Dimethyl sulfide and its precursor in sweet corn. **Agriculture Food Chemical.** 16: 643.
- Boyer, C.D. and J.C. Shannon. 1982. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. **Plant Breeding Review.** 1: 139 – 161.
- Camenon, J.W. and J.T. Haward. 1954. Carbohydrate relationship in developing and mature endosperm of brittle and related maize genotype. *J. Bot.* 41: 50 - 55.
- Carey, E.E., D.B. Dickinson and A.M. Rhodes. 1984. "Sugar characteristics of sweet corn populations from a sugary enhancer breeding program. **Euphytica.** 33: 609 - 622.
- Creech, R.G. 1965. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. **Genetic.** 52: 1175 - 1186.
- Crossa, J., S.K. Vasal and D.L. Beck. 1990. Combining ability estimates of CIMMYT's tropical late yellow maize germplasm. **Maydica.** 35: 273 - 278.
- Culpper, C.W. and C.A. Magoon. 1942. Studies upon the relative merits of sweet corn varieties for canning purposes and the relation of maturity of corn to the quality of the canned products. **J. Agri. Res.** 28: 403-443
- Dignan, D.M. and C.A. Wiley. 1976. DMS level in the aroma of cooked frozen sweet corn as affected by cultivar, maturity, blanching and packaging. **J. Food Sci.** 41: 346 - 348.
- East, E.M. and G.H. Shull. 1908. **Inbreeding in corn.** Rept. Connecticut Agri. Exp. Sta. for 1907. 419 - 428.

- Flora, L.F. and R.C. Wiley. 1974. Sweet corn aroma, Chemical component and relative importance in the overall flavor response. **J. Food Sci.** 39: 770 - 773.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Aust. J. Bio. Sci.** 9: 463 - 493.
- Gomez, A.A., I.S. Santos and P.B. Escuro. 1963. Performance and eating tests in sweet corn. **Philippine Agr.** 46: 581 - 601.
- Halluer, A.R. 1975. **Relation of gene action and types of testers in maize breeding procedures.** Corn Sorghum Res. Conf. 30: 150 – 165.
- Halluer, A.R. and J.B. Fo Miranda. 1988. **Quantitative genetics in maize breeding.** Iowa State Univ. Press. Ames. USA.
- Hayman, B.I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. **Genet.** 39: 789 - 809.
- Helm, J.L. and M.S. Zuber. 1972. Inheritance of pericarp thickness in corn belt maize. **Crop Sci.** 12: 428 - 430.
- Ito, G.M. and J.L. Brewbaker. 1981. Genetic advance through mass selection for tenderness improvement in sweet corn. **Hort Sci.** 106: 496 - 499.
- Jinahyon, S. 1979. **Breeding and genetics for the improvement of yield and quality of corn in Thailand, a ten year review.** Paper presented at the Annual Report Session. Thailand National Corn and Sorghum Program. March 25 – 27, 1979.
- Jones, D.F. 1918. **The effects of inbreeding and cross breeding upon development.** P. 270. In Gowen, J.W. 1964. Heterosis. Hafner Publ. Comp. New York.

- Jungenheimer, R.W. 1976. **Corn: Improvement, seed production, and uses.** A Wiley – Interscience Publication, John Wiley and Sons. New York.
- Kempthorne, O. 1956. **The theory of the diallel cross.** Genet. 39: 789 - 809.
- Lampe. 1931. A microchemical study of developing endosperm of maize. **Bot Grz.** 91: 337 - 376.
- Moll, R.H. and C.W. Stuber. 1974. Quantitative genetics empirical results relevant to plant breeding. **Adv. in Agron.** 16: 227 - 310.
- Myoung Hoon Lee. 2000. Germination Percentages of Different Types of Sweet Corn in Relation to Harvesting Dates. **Korean J. Crop Sci.** 45: 55 - 58.
- Park, S.U., S.W. Cha., Y.H. Son and Y.K. Son. 1994. Changes of sugar content by different storage durations in sweet corn and super sweet corn. **Korean of Crop Science.** 39: 79-84.
- Pixley, K.V. and M.S. Barnason. 1993. Combining ability for yield and protein quality among modified ed-endosperm opaque-2 tropical maize inbreds. **Crop Sci.** 33: 1229 - 1234.
- Rawling, J.C. and Thompson. 1962. Performance level as criterion for the choice of Maize testers. **Crop Sci.** 2: 217 - 220.
- R Development Core Team. 2006. **R: language and environment for statistical computing.** R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Self, J.C. Casey and T. Swain I. 1963. **The low-boiling volatiles of cooked foods.** Chem. & Ind, New York.

- Shull, G.H. 1909. **A pure line method in corn breeding.** Rept. Amer. Breeder' Anoc. 5: 51 - 59.
- Sinobas, J. and I. Monteagudo. 1994. Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize. **Crop Sci.** 31: 931-935.
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum. 1942. General and specific combining ability in single cross of corn. **Agron J.** 34: 962 – 932.
- Tracy, W.F. and D.H. Schmidt. 1987. Effect of endosperm type on pericarp thickness in sweet corn inbreds. **Crop Sci.** 27: 692 - 694
- Tracy, W.F. 1994. Sweet corn. *In* **A.R. Hallauer, ed. Specialty Corns.** CRC Press. Inc. Florida, USA.
- Tsai, C.Y. and O.E. Nelson. 1966. Starch deficient maize mutant lacking adenosine diphosphate glucose pyrophosphorylase activity. **Crop Sci.** 151: 341 - 343.
- 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.
- Wann, E.V., G.B. Brown and W.A. Hills. 1971. Genetic modifications of sweet corn quality. **American Soc Hort Sci.** 96: 441-444.
- Wann, E.V. 1986. Seed vigor and respiration of maize kernels with different endosperm genotypes. **American Soc Hort Sci.** 105: 31-34.
- 1987. Registration of M 6388, M6411, M6415 and M 6421 Sweet corn germplasm lines with high-sugar endosperm genotype. **Crop Sci.** 27: 821-822.

- Williams, M.P., J.E. Hoff and P.E. Nelson. 1972. A precise method for the determination of dimethyl sulfide in processed food. **J. Food Sci.** 37: 408.
- 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.
- Wilson, D.O. Jr. and S.E. Trawatha. 1991. Physiological maturity and vigor in production of "Florida Staysweet" shrunken 2 sweet corn seed. **Crop Sci.** 31: 1640 – 1647.
- XingMing, F., T. Jing, Y.J. Yun, L. Feng, H. BiHua and H.Y. Xiao. 2001. Study of yield combining ability and genetic relationship among exotic tropical, subtropical maize (*Zea mays* L.) inbreds and temperate maize inbreds in China. **Agricultural Sciences in China.** 7: 725-731.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ตารางแสดงลักษณะผลผลิตของข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละซ้ำ

ลูกผสม			น้ำหนักฝักทั้งเปลือก			น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน			น้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน		
			ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3
hA2133	x	hA2041	3573	3547	3013	1085.3	1069.3	968.0	698.7	688.0	640.0
hA2185	x	hA2041	2907	3120	3067	997.3	1037.3	1077.3	661.3	688.0	965.3
hA2205	x	hA2041	3413	3280	3280	1162.7	1117.3	1152.0	773.3	784.0	762.7
hA2263	x	hA2041	2987	3547	3307	1037.3	1040.0	1053.3	709.3	688.0	672.0
hA4135	x	hA2041	3040	3013	2960	933.3	984.0	1040.0	554.7	581.3	610.7
hB9077	x	hA2041	3200	3867	4053	1370.7	1232.0	1285.3	821.3	725.3	778.7
hA2185	x	hA2133	2693	3040	2800	920.0	930.7	922.7	658.7	645.3	624.0
hA2205	x	hA2133	2987	2773	2640	960.0	845.3	853.3	677.3	626.7	621.3
hA2263	x	hA2133	2640	2613	2880	874.7	952.0	848.0	602.7	677.3	613.3
hA4135	x	hA2133	2827	3067	3253	1021.3	1032.0	1101.3	661.3	672.0	701.3
hB9077	x	hA2133	3227	3653	3440	1120.0	1098.7	1077.3	733.3	728.0	693.3
hA2205	x	hA2185	2533	2453	2587	904.0	890.7	826.7	597.3	597.3	576.0
hA2263	x	hA2185	2720	2613	2933	866.7	936.0	893.3	648.0	688.0	661.3
hA4135	x	hA2185	2853	3253	2907	941.3	1005.3	962.7	661.3	629.3	608.0
hB9077	x	hA2185	2320	2667	2880	1045.3	1120.0	906.7	664.0	674.7	674.7
hA2263	x	hA2205	2427	2267	2000	757.3	776.0	749.3	538.7	552.0	530.7

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลูกผสม			น้ำหนักฝักทั้งเปลือก			น้ำหนักฝักทั้งเปลือกที่ได้มาตรฐาน			น้ำหนักฝักปอกเปลือกที่ได้มาตรฐาน		
			ซ้า1	ซ้า2	ซ้า3	ซ้า1	ซ้า2	ซ้า3	ซ้า1	ซ้า2	ซ้า3
hB9077	x	hA2263	3600	2960	3173	1082.7	1090.7	1146.7	693.3	722.7	760.0
hB9077	x	hA4135	3253	3653	3893	1090.7	1160.0	1202.7	669.3	693.3	722.7
hA2041	x	hA9035	3413	2800	3147	1050.7	1157.3	1074.7	757.3	800.0	778.7
hA2133	x	hA9035	3280	2667	2400	1101.3	1066.7	1066.7	770.7	789.3	765.3
hA2185	x	hA9035	2960	3413	2907	1010.7	1021.3	1061.3	704.0	712.0	738.7
hA2205	x	hA9035	3467	3200	3200	1069.3	1176.0	1029.3	746.7	800.0	709.3
hA2263	x	hA9035	3120	3120	3013	1050.7	1096.0	1008.0	725.3	757.3	725.3
hA4135	x	hA9035	3147	3467	2987	1061.3	1072.0	1042.7	704.0	725.3	736.0
hB9077	x	hA9035	3120	3120	4053	1272.0	1221.3	1370.7	882.7	848.0	922.7
SK0003 (check)			3440	3253	3920	1189.3	1173.3	1216.0	842.7	829.3	896.0
Hib-3 (check)			3333	4320	3973	1285.33	1320.00	1328.00	922.67	928.00	933.33

ตารางผนวกที่ 2 ตารางแสดงลักษณะคุณภาพของข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละซ้ำ

ลูกผสม			ความหวาน			ความนุ่ม		
			ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3
hA2133	x	hA2041	3	2	2	2	2	2
hA2185	x	hA2041	3	3	4	3	3	3
hA2205	x	hA2041	4	4	3	4	3	3
hA2263	x	hA2041	4	4	3	2	3	2
hA4135	x	hA2041	3	3	3	3	2	2
hB9077	x	hA2041	3	2	2	2	2	2
hA2185	x	hA2133	3	3	3	3	3	3
hA2205	x	hA2133	4	4	3	4	4	3
hA2263	x	hA2133	3	3	4	4	4	3
hA4135	x	hA2133	4	4	3	4	3	3
hB9077	x	hA2133	3	3	3	4	4	3
hA2205	x	hA2185	4	3	4	4	4	4
hA2263	x	hA2185	3	3	3	3	3	3
hA4135	x	hA2185	4	4	4	4	4	4
hB9077	x	hA2185	2	2	3	2	2	3
hA2263	x	hA2205	4	4	4	4	4	4
hA4135	x	hA2205	4	4	4	4	5	4
hB9077	x	hA2205	4	4	4	4	4	4
hA4135	x	hA2263	4	4	5	4	4	5
hB9077	x	hA2263	4	3	3	3	3	4
hB9077	x	hA4135	4	4	4	4	4	4
hA2041	x	hA9035	2	3	2	2	2	2
hA2133	x	hA9035	3	3	2	3	3	2
hA2185	x	hA9035	3	4	3	3	3	4
hA2205	x	hA9035	4	4	4	3	4	3
hA2263	x	hA9035	3	3	4	3	3	3
hA4135	x	hA9035	3	4	4	4	4	4
hB9077	x	hA9035	4	4	4	4	4	4
SK0003 (check)			3	3	4	3	3	3
Hib-3 (check)			4	4	4	4	4	4

ตารางผนวกที่ 3 ตารางแสดงลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละซ้ำ

ลูกผสม			ความกว้างฝัก			ความยาวฝัก			จำนวนแถวต่อฝักจากตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง		
			ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3
hA2133	x	hA2041	5.40	5.20	5.20	22	21	22	14 14 16	16 16 14	12 12 14
hA2185	x	hA2041	5.00	5.00	5.00	22	20	21	12 12 12	14 14 14	14 14 14
hA2205	x	hA2041	5.40	5.60	5.40	20	20	20	14 14 16	16 16 16	14 14 14
hA2263	x	hA2041	5.40	5.20	5.40	22	21	22	14 14 16	16 16 14	14 14 14
hA4135	x	hA2041	4.80	4.80	4.60	22	22	20	14 14 14	14 14 12	16 16 18
hB9077	x	hA2041	5.40	5.40	5.20	22	23	22	16 16 16	16 14 14	16 16 14
hA2185	x	hA2133	5.00	5.00	5.20	19	20	19	12 14 14	14 14 14	14 16 18
hA2205	x	hA2133	5.00	5.20	5.20	19	18	20	14 14 16	16 16 14	14 14 14
hA2263	x	hA2133	5.20	5.00	5.00	21	21	21	16 14 14	14 14 16	14 14 14
hA4135	x	hA2133	5.00	5.00	5.00	21	20	20	14 14 14	16 16 12	14 14 16
hB9077	x	hA2133	5.00	5.20	5.00	21	21	21	14 14 16	16 18 16	18 18 18
hA2205	x	hA2185	5.00	5.00	5.00	20	19	19	14 14 16	12 12 14	14 14 14
hA2263	x	hA2185	5.00	5.00	5.00	22	21	21	14 14 16	14 14 14	16 16 14
hA4135	x	hA2185	5.00	5.00	4.40	21	22	22	12 14 14	16 14 14	14 14 12
hB9077	x	hA2185	5.00	4.80	5.00	21	21	20	14 14 14	12 14 16	16 16 14
hA2263	x	hA2205	5.00	5.00	5.00	17	18	17	16 16 16	18 18 16	16 18 18
hA4135	x	hA2205	5.00	5.00	5.00	20	20	19	16 16 16	16 18 18	14 16 16

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ลูกผสม			ความกว้างปีก			ความยาวปีก			จำนวนแถวต่อปีกจากตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง		
			ซำ1	ซำ2	ซำ3	ซำ1	ซำ2	ซำ3	ซำ1	ซำ2	ซำ3
hA4135	x	hA2263	5.00	5.00	5.00	21	21	22	14 14 16	14 14 14	16 16 14
hB9077	x	hA2263	5.20	5.00	5.20	28	22	22	16 16 16	16 16 14	16 16 14
hB9077	x	hA4135	5.00	4.60	5.00	22	22	23	14 14 16	12 14 14	14 14 16
hA2041	x	hA9035	5.20	5.20	5.20	22	23	22	14 14 14	16 14 14	14 14 16
hA2133	x	hA9035	5.20	5.20	5.00	21	21	20	14 14 14	14 14 14	16 16 12
hA2185	x	hA9035	5.00	5.00	5.00	21	22	22	14 14 14	14 14 14	14 14 12
hA2205	x	hA9035	5.20	5.40	5.20	21	21	20	16 16 16	16 16 16	16 16 14
hA2263	x	hA9035	5.20	5.20	5.00	21	22	22	16 16 14	14 14 14	16 14 14
hA4135	x	hA9035	5.00	4.80	5.00	23	22	22	14 14 16	14 14 14	14 14 14
hB9077	x	hA9035	5.40	5.20	5.40	22	22	23	16 16 16	16 16 18	16 16 18
SK0003 (check)			5.40	5.20	5.40	22	21	23	16 16 16	16 16 18	14 16 16
Hib-3 (check)			5.80	5.80	5.80	23	23	23	18 18 20	18 18 20	18 18 18

ตารางผนวกที่ 4 ตารางแสดงลักษณะอื่นๆที่ใช้ประกอบการคัดเลือกข้าวโพดหวานลูกผสมในแต่ละซ้ำ

ลูกผสม			ลักษณะเปลือกหุ้มฝัก			ความยาวส่วนปลายฝักที่ไม่ติด			สีเมล็ด			การเรียงแถว		
						เมล็ด								
			ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3	ซ้ำ1	ซ้ำ2	ซ้ำ3
hA2133	x	hA2041	5	5	5	1	1	1	2	2	2	4	4	3
hA2185	x	hA2041	5	5	5	3	4	4	3	3	2	4	4	4
hA2205	x	hA2041	5	5	5	3	3	4	4	4	4	3	3	4
hA2263	x	hA2041	5	5	5	1	1	1	3	3	3	3	3	4
hA4135	x	hA2041	5	4	5	3	4	3	3	3	3	3	4	4
hB9077	x	hA2041	5	4	4	3	1	3	3	2	3	3	3	4
hA2185	x	hA2133	5	5	5	5	4	4	2	2	2	3	3	3
hA2205	x	hA2133	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2
hA2263	x	hA2133	5	4	5	1	2	1	3	3	3	3	3	3
hA4135	x	hA2133	5	5	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4
B9077	x	hA2133	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3
hA2205	x	hA2185	5	5	5	5	5	5	4	3	4	3	3	3
hA2263	x	hA2185	4	5	5	3	3	2	3	3	3	3	3	3
hA4135	x	hA2185	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลูกผสม			ความยาวส่วนปลายฝักที่ไม่ติด											
			ลักษณะเปลือกหุ้มฝัก											
						เมล็ด			สีเมล็ด			การเรียงแถว		
			ซำ1	ซำ2	ซำ3	ซำ1	ซำ2	ซำ3	ซำ1	ซำ2	ซำ3	ซำ1	ซำ2	ซำ3
hA2263	x	hA2205	5	5	5	3	3	4	4	4	3	3	3	4
hA4135	x	hA2205	5	5	5	4	4	4	4	4	5	3	3	3
hB9077	x	hA2205	5	4	5	4	5	5	5	4	4	3	4	3
hA4135	x	hA2263	5	5	5	3	3	3	4	4	4	4	3	4
hB9077	x	hA2263	5	5	5	2	3	3	4	4	4	3	4	4
hB9077	x	hA4135	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
hA2041	x	hA9035	2	2	2	2	3	1	3	2	3	3	4	4
hA2133	x	hA9035	3	2	3	4	3	3	2	2	2	3	3	3
hA2185	x	hA9035	3	3	2	5	4	4	3	3	3	3	4	3
hA2205	x	hA9035	3	3	3	5	4	3	4	4	4	3	3	3
hA2263	x	hA9035	4	4	3	1	1	1	3	3	3	4	4	3
hA4135	x	hA9035	3	3	2	4	4	5	4	4	4	4	3	4
hB9077	x	hA9035	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SK0003 (check)			3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	3	4
Hib-3 (check)			4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นันทยา วงษา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	28 เมษายน 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา	เศรษฐศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักปรับปรุงพันธุ์พืช
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทวิจัยพัฒนาพันธุ์พืชไทย จำกัด อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-