สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวาน

Xenia Effect of Different Sugar Gene on Sweet Corn Kernel Quality

โดย

นางสาวกนกวรรณ นุชอุดม

นางสาวนลินรัตน์ น้อยฉวี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส

ปพ
ก125 ส
2552

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.102681
วัน,เดือน,ปี.18 ส.ค. 2552

T102681

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชไร่)

พุทธศักราช 2549

b.1204040X
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

ผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวาน

Xenia Effect of Different Sugar Gene on Sweet Corn Kernel Quality

โดย

นาวสาวกนกวรรณ นุชอุดม

นาวสาวนลินรัตน์ น้อยฉวี

ได้รับความเห็นชอบจาก

.....

ผศ. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรอง

.....

(รศ.ดร.สมยศ เดชภิรัตนมงคล)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่ ๒ เดือน เมษายน พ.ศ. ๒๕๕๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	:	ผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวาน
โดย	:	นางสาว กนกวรรณ นุชอุดม
	:	นางสาว นลินรัตน์ น้อยฉวี
ภาควิชา	:	เทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะ	:	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผศ. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส

บทคัดย่อ

ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวาน *(Zea mays L.)* ที่แปลงทดลองและห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนมิถุนายน - สิงหาคม พ.ศ. 2549 โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำเปรียบเทียบคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานจำนวน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์อินทรีย์ 2 (sh_2) , ซูการ์ 75 (sh_2) , ATS 8 (bt_1) และพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 (bt_1) โดยแต่ละพันธุ์จัดให้มีการผสมตัวเองและผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน เมล็ดตัวอย่างหลังการผสมละอองเกสรประมาณ 20 วันถูกนำไปปั่นแยกกากทิ้ง ใช้น้ำข้าวโพดที่ได้มาตรวจสอบความหวาน (brix) , ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ผลการทดลองพบว่าเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ที่ได้จากการผสมตัวเองและจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันมีความหวาน น้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดแตกต่างกัน ($P<.01$) และพบว่าละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนชนิดหนึ่งจะมีผลต่อความหวานและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนอีกชนิดหนึ่งเสมอ โดยผลของละอองเกสรที่ควบคุมด้วยยีนชนิดหนึ่งทำให้ความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนอีกชนิดหนึ่งลดลงเสมอ นอกจากนี้ยังพบว่าละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนต่างชนิดกันไม่มีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนอีกชนิดหนึ่ง

คำสำคัญ ข้าวโพดหวาน ยีนควบคุมความหวาน คุณภาพเมล็ด ผลของละอองเกสร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	Xenia Effect of Different Sugar Gene on Sweet Corn Kernel Quality
Anthor	:	Miss Kanokwan Nuchudom
	:	Miss Nalinrat Noichavee
Department	:	Plant Production Technology
Faculty	:	Agricultural Technology
Advisor	:	Asist. Prof. Teerawat Sarutyophat

ABSTRACT

Xenia Effect of Different Sugar Gene on Sweet Corn Kernel Qualities was conducted at the laboratory and experimental ' s field of Plant Production Technology Department, Faculty of Agricultural technology, King Mongkut ' s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok during June to August, 2006. Randomized Complete Block Design with four replications were used.Treatments were four sweet corn varieties with two sugar gene comprised of Indee 2 (sh_2), Sugar 75 (sh_2), ATS 8 (bt_1) and Hybrid No. 1229 (bt_1) , each variety was selfed and crossed by different sugar gene's pollen. Twenty days seed samples were harvested and spined followed by Centrifuged and separated kernel juice for further used. Sweetness, reducing sugar and water soluble polysaccharides (WSP) were tested. Results showed that sweetness, reducing sugar and water soluble polysaccharides of seed kernel from selfed and crossed with different sugar gene's pollen type of four sweet corn varieties were significantly different ($P<.01$). Different sugar gene of pollen source were significantly effected on sweetness and WSP to other seed type gene. Pollen type, actually decreased sweetness WSP of other seed type. Anywhere, it wasn't found any effected of pollen type on reducing sugar accumulated of seed type.

Key word: Sweet corn, Sugar gene, Kernel qualities, Xenia effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในระดับปริญญาตรี ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำตลอดจนตรวจทานแก้ไขจนปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร. อุมา แสงคร้าม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวาน ตลอดจนคำแนะนำต่างๆจนเสร็จสิ้นการทดลอง ขอขอบคุณ คุณรุ่ง ทับทิมโต ที่กรุณาดูแลรดน้ำแปลงข้าวโพด ขอบคุณนาย ปิยะ ดอกรัก และเพื่อนๆทุกคนที่เสียสละเวลาคอยให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด

หากปัญหาพิเศษเล่มนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจหรือศึกษา ข้าพเจ้าขอยกความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ส่วนความบกพร่องและข้อผิดพลาดต่างๆข้าพเจ้าขออภัยไว้ ณ ที่นี้

กนกวรรณ นุชอุดม

นลินรัตน์ น้อยฉวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญตารางผนวก	(3)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการทดลองและวิจารณ์	14
สรุป	19
เอกสารอ้างอิง	20
ภาคผนวก	21
ประวัติผู้เขียน	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงอิทธิพลร่วมระหว่างยีนจากละอองเกสร และยีนจาก polar nuclei	4
2	แสดงอัตราส่วนของข้าวโพดชนิดต่างๆเมื่ออายุ 20 วันหลังผสมเกสร	5
3	แสดงค่าความหวาน, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์, ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	15
4	แสดงค่าความหวาน, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์, ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ที่ละลายน้ำได้ของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ได้จากการผสมตัวเองและผสมกีบละอองเกสรที่มียีนต่างกัน	16

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือค่าความหวาน (brix) ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	17
2	แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	18
3	แสดงค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
ก.1	กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	22
ก.2	กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	23
ข.1	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด(wss)ของข้าวโพดหวาน 4พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	24
ข.2	แสดงค่าการดูดแสงของสารละลาย และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	25
ข.3	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	26
ข.4	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (wss) ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน	27
ข.5	แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน	27
ข.6	แสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน	28
ค.1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหวาน (brix) ของเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	29
ค.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเมล็ดข้าวโพดหวาน 4พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	29
ค.3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค.4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหวาน (brix) ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน	30
ค.5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน	31
ค.6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays L. saccharata Sturt.* จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศชนิดหนึ่ง ใช้ประโยชน์ทั้งในรูปฝักสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เช่น เมล็ดข้าวโพดบรรจุกระป๋อง (whole kernel canning) ครีมข้าวโพดหวาน (cream-style) และน้ำนมข้าวโพดหวาน (corn milk) เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านี้จำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานปีละประมาณ 200,000 ไร่ ได้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกรวม 346,000 ตัน ในปี 2544 มีปริมาณการส่งออกรวม 37,000 ตัน มูลค่า 1,028 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2545) และในปี 2547 มีปริมาณการส่งออกรวมเพิ่มขึ้นเป็น 65,369 ตัน มูลค่า 1,969 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ข้าวโพดหวานเป็นอาหารของมนุษย์ คุณภาพของข้าวโพดหวานจึงมีความสำคัญอย่างมากและได้มีการกำหนดคุณภาพของข้าวโพดหวาน ซึ่งประกอบไปด้วย ความนุ่ม (tenderness) ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด (thin pericarp) และความหวาน (sweetness) (ทวีศักดิ์, 2540) โดยข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์จะมียีนควบคุมลักษณะความหวานต่างกัน

ข้าวโพดเป็นพืชผสมข้ามโดยธรรมชาติมีช่อดอกตัวผู้ (staminate inflorescence) หรือเรียกเฉพาะว่า (tassel) และช่อดอกตัวเมีย (pistillate inflorescence) หรือฝัก (ear) อยู่แยกกันคนละส่วน (monoecious) บนต้นเดียวกัน (ราเชนทร์, 2539) และพันธุกรรมของละอองเกสรมีผลต่อการแสดงออกหรือองค์ประกอบทางเอนโดสเปิร์มทันทีหลังการผสมพันธุ์ (xenia effect) (กฤษดา, 2543) โดยอาจเกิดจากละอองเสรจากข้าวโพดประเภทเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน หรือละอองเกสรจากข้าวโพดคนละประเภท ซึ่งอาจจะมีผลต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวาน เช่น อาจทำให้เมล็ดข้าวโพดหวานแข็งหรือเหนียวขึ้นไม่น่ารับประทาน หรือความหวานลดลง เป็นต้น (พรทิพย์ และ มนทิรา, 2543)

จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 (sh_2) ซูการ์ 75 (sh_2) ATS 8 (bt_1) และพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวเบอร์ 1229 (bt_1)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของยีนควบคุมความหวานแต่ละชนิดที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ข้าวโพดเป็นพืชในเผ่า (tribe) *Maydeae* ซึ่งลักษณะสำคัญของพืชในเผ่านี้คือ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) ข้าวโพดซึ่งเป็นพืชปลูกเพียงชนิดเดียวในเผ่านี้ จะมีช่อดอกตัวผู้ทางปลายยอดของลำต้น และมีช่อดอกตัวเมียอยู่บนแกน ซึ่งพัฒนามาจากตาด้านข้างของลำต้น การที่ดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่แยกกันเช่นนี้อีกทั้งการที่ดอกตัวผู้ปล่อยละอองเกสรออกมาก่อนที่ stigma ของดอกตัวเมียพร้อมรับการผสมทำให้ดอกตัวเมียส่วนใหญ่ถูกผสมด้วยละอองเกสรจากต้นอื่นไม่ใช่ละอองเกสรของต้นเดียวกัน

ข้าวโพดแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้หลายกลุ่ม ตามความแตกต่างในลักษณะของเมล็ด คือ เป็นข้าวโพดไร่ชนิดหัวบุบ (dent corn) ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง (flint corn) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ข้าวโพดคั่ว (pop corn) ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) ข้าวโพดแป้ง (flour corn) และข้าวโพดป่า (pod corn)

ลักษณะของข้าวโพดชนิดต่าง ๆ

1. **ข้าวโพดไร่ชนิดหัวบุบ** (dent corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays indentata* มีลักษณะเด่น คือ มีรอยบุบ (depression or dent) ตรงส่วนหัวของเมล็ด แป้งทางด้านข้างของเมล็ดเป็นแป้งแข็ง (hard or corneous starch) แป้งตรงส่วนกลางและส่วนหัวของเมล็ดเป็นแป้งอ่อน (soft starch) เมื่อเมล็ดแห้ง แป้งอ่อนจะยุบตัวลงทำให้เกิดรอยบุบตรงส่วนหัว

2. **ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง** (flint corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays indurata* เมล็ดข้าวโพดชนิดนี้จะมีแป้งอ่อนเพียงเล็กน้อยอยู่ส่วนกลางของเมล็ด รอบนอกทั้งด้านข้างและส่วนหัวเป็นแป้งแข็ง ทำให้เมล็ดมีผิวเรียบและแข็ง

3. **ข้าวโพดหวาน** (sweet corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays saccharata* เมื่อเมล็ดยังไม่แก่จะทึบแสง แต่เมื่อแก่เมล็ดจะใสและเหี่ยวย่น ผิวไม่เรียบ ข้าวโพดหวานต่างจากข้าวโพดไร่ชนิดหัวบุบเนื่องจากมียีน (gene) คอยควบคุมไม่ให้น้ำตาลเปลี่ยนเป็นแป้ง

4. **ข้าวโพดข้าวเหนียว** (waxy corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays ceratina* เมล็ดมีลักษณะเหมือนขี้ผึ้ง แป้งของข้าวโพดชนิดนี้จะเป็นแป้งชนิด amylopectin ทั้งหมด ในขณะที่แป้งข้าวโพดชนิดอื่นจะมี amylopectin ประมาณ 72-78% และมี amylose 22-28%

5. **ข้าวโพดแป้ง** (flour corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays amylacea* เมล็ดจะมีแป้งเป็นแป้งอ่อนเป็นส่วนมาก เนื่องจากเมล็ดเป็นแป้งอ่อนทั่วทั้งเมล็ด เมื่อแห้งจึงไม่เกิดรอยบุบหรือมีรอยบุบตรงส่วนหัวเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. **ข้าวโพดคั่ว** (pop corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays everta* มีแป้งแข็งเป็นส่วนใหญ่ มีแป้งอ่อนอยู่เพียงเล็กน้อย แป้งแข็งซึ่งอยู่ตอนกลางของเมล็ดห่อหุ้มด้วยสารที่ค่อนข้างเหนียวและยืดหยุ่น เมื่อเมล็ดถูกความร้อนจะเกิดความดันภายในเมล็ด และระเบิดออก ความชื้นของเมล็ดประมาณ 14% จะเป็นความชื้นที่เหมาะสมสำหรับนำไปคั่ว เพราะจะได้ปริมาตรเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ชื้นน้อยกว่าหรือมากกว่า ข้าวโพดคั่วจะแบ่งออกเป็น 2 พวก ตามรูปร่างของเมล็ดคือ rice pop corn มีลักษณะหัวเมล็ดแหลม และ pearl pop corn มีเมล็ดค่อนข้างกลม เมล็ดอาจจะมีสีต่าง ๆ กัน เช่น สีเหลือง สีขาว สีส้ม

7. **ข้าวโพดป่า** (pod corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays tunicata* ข้าวโพดชนิดนี้ไม่มีการปลูกเพื่อการค้า แต่เป็นประโยชน์ในการศึกษาเกี่ยวกับกำเนิดของข้าวโพดปลูกในปัจจุบัน ลักษณะของข้าวโพดป่าก็คือ แต่ละเมล็ดจะมีเปลือกหุ้ม (pod) และฝักก็จะมีเปลือกหุ้มฝักอีกชั้นหนึ่ง husk เมล็ดจะมีลักษณะต่าง ๆ กัน คือ มีทั้งเมล็ดพวกหัวบุบ หัวแข็ง ข้าวโพดแป้ง ข้าวโพดหวาน

Xenia effect เป็นปรากฏการณ์ที่พันธุกรรมหรือยีนจากละอองเกสรหรือเชื้อสืบพันธุ์เพศผู้มีผลต่อการพัฒนา และการแสดงลักษณะ (express) ของผลหรือเอนโดสเปิร์มในเมล็ดโดยทันที แทนที่จะไปแสดงผลในรุ่นลูก

เมล็ดข้าวโพดมีสีต่าง ๆ กัน ตั้งแต่สีขาว สีเหลือง สีส้ม สีแดง หรือสีม่วงเกิดขึ้นเนื่องจากพันธุกรรมควบคุมสีของ endosperm หรือ pericarp เมื่อละอองเกสรของข้าวโพดเมล็ดสีเหลืองผสมกับไข่ของข้าวโพดเมล็ดสีขาว เมล็ดข้าวโพดบนฝักที่เกิดขึ้นจะเป็นสีเหลืองอ่อน โดยกลับกันถ้าละอองเกสรของข้าวโพดเมล็ดสีขาวผสมกับไข่ของข้าวโพดเมล็ดสีเหลือง เมล็ดข้าวโพดบนฝักที่เกิดขึ้นจะเป็นสีเหลืองปานกลาง(medium yellow) อิทธิพลร่วมระหว่างยีน จากละอองเกสร และ ยีนจาก polar nuclei (www.classroom.psu)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงอิทธิพลร่วมระหว่างยีน จากละอองเกสร และ ยีนจาก polar nuclei

ยีนควบคุมสีใน polar nuclei	ยีนควบคุมสีใน nucleus ของละอองเกสร	ยีนควบคุมสีใน endosperm และสีที่เกิดขึ้น
YY	Y	YYY สีเหลืองเข้ม
YY	y	YYy สีเหลืองปานกลาง
yy	Y	Yyy สีเหลืองอ่อน
yy	y	yyy สีขาว

ที่มา : www.classroom.psu

Xenia effect นอกจากจะเกิดขึ้นกับสีของแป้งแข็งใน endosperm แล้วยังอาจจะเกิดกับสีของ aleurone layer หรือควบคุมการเป็นหรือไม่เป็นข้าวโพดหวาน (sweetness kernel type)

ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของสหรัฐอเมริกามาช้านาน ได้มีรายงานว่ามีพื้นที่การเพาะปลูกอยู่ประมาณ 1.5 ล้านไร่ และมีมูลค่าผลผลิตจากไร่ประมาณ 6,500 ล้านบาท เนื่องจากสามารถนำมาแปรรูปบรรจุใส่กระป๋องในรูปของเมล็ดข้าวโพด (whole kernel) ครีมข้าวโพด (cream style corn) และแช่แข็งทั้งฝักและเมล็ด (frozen corn on the cob และ frozen whole kernel) ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่มีปลูกกันอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งในช่วงปี 2542-2545 มีการปลูกข้าวโพดหวาน ประมาณ 157,539 – 228,934 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 253,394 – 374,707 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยมีค่าประมาณ 1,668 – 1,992 กก./ไร่ (วิไลวรรณ และ วันชัย, 2547)

ชีวเคมีของข้าวโพดหวาน

1. **ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ด** หลักการสร้างอาหารของพืชโดยทั่วๆไปก็คือ พืชมีกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงสว่างให้กลายเป็นคาร์โบไฮเดรต สารคาร์โบไฮเดรตนั้นเป็นสารที่มีพลังงานสูง คือ พืชสามารถจับพลังงานแสงอาทิตย์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ มาเปลี่ยนเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ประโยชน์ต่อมนุษย์และสัตว์ได้ ในธรรมชาติข้าวโพดเป็นพืชที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมมาก กระบวนการสร้างและสะสมแป้งและน้ำตาลจึงแตกต่างกันมากด้วยซึ่งมีผลทำให้เกิดข้าวโพดชนิดต่างๆ คือ ข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานพิเศษ ข้าวโพดเทียน และข้าวโพดข้าวเหนียว เป็นต้น ความแตกต่างในสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆในเมล็ดข้าวโพดแต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานนั้นจะแบ่งได้ดังนี้

1. **mono และ** oligosaccharide

คาร์โบไฮเดรตที่เรารู้จักดีในกลุ่มนี้และมีมากในข้าวโพดหวาน คือ น้ำตาล glucose fructose และ sucrose แต่ตอนหลังพบว่ามี maltose เป็นองค์ประกอบอยู่สูงในข้าวโพดหวานที่มียีน su /se น้ำตาลที่มีบทบาทต่อความหวานของข้าวโพดคือ sucrose และ fructose

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของข้าวโพดชนิดต่างๆ เมื่ออายุ 20 วันหลังผสมเกสร

	RS	Sucrose	WSP	Strach	Total
ข้าวโพดไร่	2.4	3.5	2.8	66.2	74.9
ข้าวโพดเทียน	3.5	5.2	2.3	53.3	64.6
ข้าวโพดหวาน	5.4	10.2	22.8	20.8	66.5
ข้าวโพดหวานพิเศษ	4.9	29.9	4.4	18.4	57.6

ที่มา : ทวีศักดิ์, 2540

หมายเหตุ RS = reducing sugar

Sucrose เป็นน้ำตาลที่เราสามารถรับรู้รสหวานได้ดี คือ มีความหวานมาก

WSP (water soluble polysaccharides) ทำให้เรารู้สึกว่าข้าวโพดนั้นนุ่ม

2. **sugar nucleotides**

สารเหล่านี้มีหลายชนิดมีความสำคัญในการสร้าง oligosaccharide ชนิดต่างๆ นักชีวเคมีสามารถศึกษาถึงกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานได้โดยอาศัยการสะสมของ sugar nucleotide และคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ

3. **polysaccharides**

polysaccharides ในข้าวโพดหวานแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆคือ starch (แป้ง) และ phytoglycogen ในกลุ่มที่เราเรียกว่า starch นั้นจะมี 2 ประเภท คือ amylase และ amylopectin ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องโครงสร้าง แต่ที่ควรทราบคือ starch ในข้าวโพดนั้นส่วนใหญ่จะเป็น amylose โดยเฉพาะข้าวโพดที่มียีน ae (amylase extender) อาจจะมี amylose สูงถึง 85% ยกเว้นข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีการสะสมแป้ง amylopectin มากกว่าข้าวโพดชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งประเภทของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานนั้นเดิมได้ถูกจัดตามพันธุกรรมควบคุมอยู่ใน *Zea mays saccharata* เพราะในเมล็ดมีน้ำตาลมาก เกิดขึ้นเพราะยีน su (sugary) บนโครโมโซมคู่ที่ 4 อยู่ในสภาพด้อยทั้งคู่ แต่ตอนหลังๆ ได้มีการพบยีนที่มีผลต่อการสะสมแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดอีกหลายยีน แต่ที่ควรรู้จักคือ

1. ยีน su (sugary gene series) มีอยู่สองคู่ด้วยกันคือ su และ su2 ทำให้เกิดการสะสม phytoglycogen ซึ่งเป็น water soluble polysaccharide

2. ยีน sh (shrunken gene series) มีอยู่หลายคู่ด้วยกันคือ sh sh2 sh3 sh4 และ sh5 มีผลทำให้แป้งลดลงน้อย และมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น

3. ยีน bt (brittle gene series) เช่น bt bt1 bt2 และ bt4 เป็นยีนที่มีผลคล้ายกับยีน shrunken มาก และเราไม่สามารถแยกความแตกต่างได้จากลักษณะของเมล็ดแต่อาจดูได้จากต้น ถ้าเป็น super sweet และมีต้นสีเขียวก็มีโอกาสเป็นได้ทั้ง sh และ bt แต่ถ้ามีต้นหรือดอกสีแดงแล้วก็เป็น bt ยีนแน่นอน

4. ยีน wx (waxy gene series) มีการกล่าวถึงว่ายีนชนิดนี้ทำให้เกิดการสะสมแป้งที่แตกต่างไปจากข้าวโพดธรรมดาและตอนหลังได้ค้นพบว่าเป็นแป้งพวก amylopectin ข้าวโพดที่มียีนชนิดนี้เรารู้จักกันดีว่าเป็นข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดข้าวเหนียว

นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานได้พยายามนำยีนเหล่านี้มาปรับปรุงคุณภาพข้าวโพดหวาน จึงทำให้เกิดข้าวโพดหวานได้หลายประเภท เราสามารถแบ่งข้าวโพดหวานออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ ด้วยกันคือ 1) แบ่งตามการทำงานของยีน และ 2) แบ่งตามความต้องการในการปลูก

การแบ่งประเภททางข้าวโพดหวานตามลักษณะการทำงานของยีน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ข้าวโพดหวานจากยีนเดียว

ข้าวโพดหวานชนิดนี้ปลูกมากที่สุดในโลก รวมทั้งในบ้านเราด้วย ข้าวโพดหวานประเภทนี้แบ่งออกได้เป็น

1.1 ข้าวโพดหวาน(sweet corn) ข้าวโพดหวานเป็นข้าวโพดที่นิยมปลูกกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหรัฐอเมริกาเป็นข้าวโพดที่มียีนซูการ์รี อยู่ในสภาพด้อย ลักษณะเมล็ดของข้าวโพดหวานนี้จะเหี่ยวย่นเล็กน้อยและจะดูค่อนข้างใส เมล็ดจะดูแววววาว

1.2 ข้าวโพดหวานพิเศษ (super sweet corn) ข้าวโพดหวานพิเศษที่ชาวไร่หรือคนทั่วๆไปเรียกว่าสวีทนั้นเป็นข้าวโพดที่นิยมกันมากในรูปของฝักสดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยนั้นปัจจุบันแทบจะกล่าวได้ว่าข้าวโพดที่เราเรียกว่าข้าวโพดหวานพิเศษประมาณ 80% ข้าวโพดหวานพิเศษนี้มียีนตระกูลชรั้งเคน (sh/sh หรือ sh2/sh2) หรือยีนตระกูลบริตเติล(bt/bt หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bt2/bt2) ควบคุมอยู่แต่ที่ปลูกในประเทศไทยในปัจจุบันเป็นยีนตระกูลซังเคนเกือบทั้งหมด ลักษณะเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษนี้จะเหี่ยวย่นมาก เมล็ดจะขุ่นทึบ

2. ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนเสริม

เมล็ดพันธุ์ของข้าวโพดหวานชนิดนี้จะมียีนที่เป็น homozygous recessive อยู่หนึ่งตำแหน่ง แต่อีกตำแหน่งหนึ่งจะเป็น heterozygous เมื่อนำเมล็ดไปปลูกผลิตฝักสด ยีนที่เป็น heterozygous นั้นจะแยกตัวตามกฎของ Mendel มีผลทำให้ 25 %ของเมล็ดที่รับประทานนั้นเป็น double recessive ทำให้ผู้รับประทานมีความรู้สึกว่าข้าวโพดนั้นหวานขึ้น

ข้าวโพดหวานพวกนี้มียีน su เป็นพื้นฐานเพราะนักปรับปรุงพันธุ์ต้องการปรับปรุงข้าวโพดหวาน (standard /normal sweet corn) ให้หวานขึ้นโดยการนำยีน sh2 หรือซูการ์รีเอ็นฮานเซอร์ (sugary enhancer, se) มาช่วยเสริม ตัวอย่างข้าวโพดหวานชนิดนี้ คือ พันธุ์ Sugar Loaf, Honey Comb และ Sugar Time เป็นต้น ในประเทศไทยข้าวโพดข้าวเหนียวหวานขอนแก่นอาจจะจัดอยู่ในประเภทนี้ได้ โดยมียีน sh2 เป็นพื้นฐานและมียีน su หรือ wx เป็นตัวเสริม

ได้มีผู้นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานประเภทนี้เข้ามาปลูกเหมือนกัน สังเกตง่ายๆ คือ ฝักข้าวโพดอาจมีเมล็ด 2 สี คือ สีเหลืองและสีขาว โดยจะจัดอยู่ในอัตรส่วน 75 : 25 ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานหรือวงการค้าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจะเรียกว่าไบคัลเลอร์ (bi-color) แต่จะพิสูจน์ให้แน่ชัดว่าข้าวโพดหวานนั้นเกิดจากยีนเสริมหรือไม่ก็ต้องนำฝักของข้าวโพดหวานที่สงสัยนั้นมาตากแห้ง แล้วดูว่าเมล็ดที่แห้งแล้วเหมือนกันทั้งฝักหรือไม่ ถ้าเมล็ดที่แห้งแล้วเหมือนกันทั้งฝักก็แสดงว่าเป็นข้าวโพดหวานชนิดยีนเดียว แต่ถ้าเมล็ดที่แห้งแล้วมีเมล็ดลีบมากๆ คล้ายข้าวโพดหวานพิเศษอยู่ประมาณ 25% เมล็ดลีบมากๆนี้เป็น double recessive ที่เหลืออีก 75% เป็นเมล็ดข้าวโพดหวานธรรมดา ข้าวโพดหวานฝักนั้นก็เป็นข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนเสริม

3. ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนร่วม

เนื่องจากปัญหาเรื่องความหวานซึ่งมีอยู่น้อยในข้าวโพดหวานธรรมดาและปัญหาเรื่องอัตราความงอกต่ำในข้าวโพดหวานพิเศษนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานจึงได้พยายามนำยีนต่างๆมาอยู่ร่วมกันในสภาพ homozygous recessive ที่ทุก ๆ ตำแหน่ง (locus) เพื่อให้ได้ข้าวโพดหวานที่มีคุณภาพดีขึ้น คือ มีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น และแก้ปัญหาในเรื่องอัตราความงอกต่ำ

ลักษณะคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานเป็นอาหารของมนุษย์เราคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวานจึงเป็นเรื่องสำคัญมากจึงได้มีการกำหนดลักษณะที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับคุณภาพของฝักหรือเมล็ดที่สำคัญๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความหวาน (sweetness) นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานได้พยายามเพิ่มความหวานให้กับข้าวโพดหวานธรรมดา โดยการคัดเลือกภายใน su ที่มีพื้นฐานพันธุกรรมต่างๆ และทำได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ความหวานก็ไม่สูงมากนัก จนกระทั่งค้นพบยีน sh2 ซึ่งทำให้ข้าวโพดหวานมีน้ำตาลซูโครสสูงขึ้น การเพิ่มความหวานจึงทำได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีการใช้ยีนหลายๆยีนมาร่วมกันเพื่อให้ข้าวโพดหวานมีความหวานสูงขึ้น ตัวอย่างก็คือ การใช้ยีน su ร่วมกับ se หรือ ae ร่วมกับ du และ wx

การเปลี่ยนยีนจาก su มาเป็น sh2 หรือ bt นั้นเป็นการเปลี่ยนลักษณะทางคุณภาพ (qualitative trait) คือผลของยีนมีมาก แต่ภายในยีนเดียวกัน ความแตกต่างในเรื่องของความหวานก็ยังมีอยู่มาก ซึ่งก็หมายความว่าพื้นฐานองค์ประกอบทางพันธุกรรมอื่นๆ มีผลต่อความหวานมาก นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดจึงต้องพยายามชิมข้าวโพดหวาน และดูความแตกต่างเหล่านี้ การชิมนี้จะเป็นการคัดเลือกทั้งความหวาน ความนุ่ม และความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด วิธีการชิมที่ดีที่สุดคือตัดฝักข้าวโพดออกมาชิมครึ่งฝักแล้วใช้ยากันราฉีดฝักส่วนที่เหลือติดต้น และอาจให้คะแนนไว้บนถุงผสม และดึงถุงผสมทิ้งไป ถ้าฝักนั้นไม่ได้มาตรฐานที่ตั้งไว้ วิธีนี้นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดใช้กันอยู่มาก และมีการเสนอเป็นเอกสารไว้นานแล้ว

2. ความนุ่ม (tenderness) ลักษณะนี้ขึ้นกับส่วนประกอบของแป้งภายในเมล็ด ตามธรรมดาแล้วองค์ประกอบของแป้งภายในเมล็ดข้าวโพดหวานซึ่งควบคุมโดยยีนแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เมล็ดข้าวโพดหวานธรรมดา (su) เมล็ดจะนุ่มกว่าข้าวโพดหวานชนิดอื่นซึ่งอาจจะเป็นเพราะข้าวโพดหวานประเภทนี้มี water soluble polysaccharides (wsp) สูงมาก ในข้าวโพดหวานพิเศษทั้งประเภท sh2 หรือ bt นั้นส่วนใหญ่แล้วจะมีความกรอบโดยเฉพาะข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน sh2 การปรับปรุงความนุ่มโดยให้คงความหวานอยู่ด้วยอาจจะใช้ bt ร่วมกับ su เพราะเมื่อนำยีนคู่นี้มาอยู่ด้วยกันแล้ว เมล็ดข้าวโพดหวานจะมีซูโครสอยู่สูงมาก และในขณะเดียวกันจะมี WSP สูงพอสมควร แต่การนำ bt มาร่วมกับ su ก็จะยากมากๆ เพราะเมล็ดมักไม่ค่อยงอก

3. ความหนา-บางของเปลือกหุ้มเมล็ด (thickness pericarp) ข้าวโพดหวานที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบางและไม่เหนียว เมื่ออยู่ในระยะเหมาะสมที่จะบริโภค (eating stage) ถือว่าเป็นลักษณะที่ดี

นักพันธุศาสตร์พบว่าลักษณะความหนา-บางของ pericarp มีอัตราการถ่ายทอดกรรมพันธุ์ (heritability) ค่อนข้างสูง (ทวีศักดิ์, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เบอร์ 1229 ซูการ์ 75 ATS 8 อินทรีย์ 2

2. สารเคมีที่ใช้ในแปลง ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 46-0-0 ยาฆ่าแมลงชนิดเม็ด ได้แก่ ฟูราดาน และสารป้องกันเชื้อรา สาเหตุของโรคราน้ำค้าง และโรคโคนเน่า ได้แก่ metaloxyl และ captan

3. เครื่องมืออุปกรณ์ในการผสมเกสรได้แก่ ถุงกระดาษสีน้ำตาลสำหรับเก็บรวบรวมละอองเกสร ถุงกระดาษไขสีขาวสำหรับคลุมช่อดอกตัวเมีย กรรไกร คลิปหนีบกระดาษหรือที่เย็บกระดาษ

4. เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับเตรียมน้ำข้าวโพด ได้แก่ เครื่องปั่นแยกกาก เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)

5. Hand refractometer สำหรับวัดความหวาน

6. เครื่องแก้วต่างๆได้แก่ บีกเกอร์ ปิเปต ขวดปรับปริมาตร และหลอดทดลอง

7. เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ได้แก่ DNS (dinitrosalicylic reagent) ไมโครปิเปต trip น้ำกลั่น อ่างน้ำร้อน(Water bath) และเครื่อง spectrophotometer

8. เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ได้แก่ phenol (4%) sulfuric acid (95%) ไมโครปิเปต Trip น้ำกลั่น เครื่อง Vortex และเครื่อง spectrophotometer

9. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการ

การทดลองครั้งนี้ใช้แผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ โดยพันธุ์ข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เบอร์ 1229 ATS 8 ซูการ์ 75 อินทรีย์ 2 ทำการเตรียมแปลงโดยการไถ – พรวน หลังจากนั้นทำการยกแปลงให้มีระยะห่างระหว่างแปลง 70 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูก 70 × 20 เซนติเมตร ใช้สารเคมีป้องกันเชื้อสาเหตุของโรคราน้ำค้าง และโรคโคนเน่าคือ metaloxyl และ captan คลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก รองก้นหลุมด้วยฟูราดาน ปลูกด้วยการใช้เมล็ดพันธุ์ 3 – 5 เมล็ดต่อหลุม ในช่วงแรกของการปลูกจะให้น้ำทุกวัน ในตอนเช้าสลับกับตอนเย็น หลังจากที่เมล็ดเริ่มงอกให้น้ำ 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ประมาณ 2 สัปดาห์ เริ่มให้น้ำโดยวิธีปล่อยน้ำเข้าร่อง (furrow irrigation) 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หลังจากงอกประมาณ 2 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยจำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1ใช้ปุ๋ยสูตร 46 -0 -0ในอัตรา 3,000 กรัม/หน่วยการทดลอง ที่อายุ 3 สัปดาห์หลังการงอกครั้งที่ 2 ใช้ปุ๋ยสูตร 15–15 -15 ในอัตรา 0.55 กก./หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง และปูนขาว 45 กก./ไร่ หลังจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ประมาณ 2 สัปดาห์ สำหรับการกำจัดวัชพืชใช้จอบถากทำรุ่นไปพร้อมกับการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ครั้ง เก็บเกี่ยวฝักสดที่มีการผสมกับละอองเกสรที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันและยีนชนิดเดียวกัน 20 วันหลังการผสมเกสร โดยพันธุ์ที่ใช้แทนยีนควบคุมความหวาน (sh_2) คือ พันธุ์อินทรีย์ 2 ยีน (bt_1) คือพันธุ์ ATS 8 นำเมล็ดที่ได้ไปตรวจวัดความหวาน (brix) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยทำการทดลองที่แปลงทดลองและห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนมิถุนายน - สิงหาคม พ.ศ. 2549

การตรวจสอบความหวาน (brix) ของเมล็ดข้าวโพด

ก่อนที่ไหมจะเจริญเติบโตยืดออกมาจากปลายฝัก 1 วัน จะทำกรคลุมช่อดอกตัวเมียและช่อดอกตังผู้เพื่อรวบรวมละอองเกสร ผมตัวเองและผสมข้ามในวันถัดไป จดบันทึกวันผสมเกสร ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 20 วัน หลังการผสมเกสร โดยทำการเก็บเกี่ยวพันธุ์ละ 4 ซ้ำ ใช้ตัวอย่างจำนวน 5 ฝักต่อหน่วยการทดลอง นำฝักสดที่เก็บมาจากแปลงมาเฉือนเมล็ดออกจากฝัก แล้วนำเมล็ดที่ได้ไปปั่นในเครื่องปั่นแยกกากจากนั้นนำเฉพาะน้ำข้าวโพด ซึ่งมีสีเหลืองเข้ม – อ่อน ตามแต่ละพันธุ์ ใส่ลงไปในหลอดพลาสติก แล้วนำฝาจุกมาปิดเพื่อเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกตะกอนออก โดยเหวี่ยงด้วยความเร็ว 40 รอบต่อนาที 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เป็นเวลา 5 นาที และครั้งที่ 2 เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเทเอาน้ำข้าวโพดที่ได้ออกจากตะกอน ไปตรวจวัดค่าของเข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หรือ เรียกว่า บริกซ์ ด้วยเครื่อง Hand Refractometer ค่าที่วัดได้จะใช้เปรียบเทียบค่าความหวานของข้าวโพด ทั้งนี้เพราะของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดในข้าวโพดหวาน ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลซูโครส

การตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี DNS method

ใช้ไมโครปิเปตดูดน้ำข้าวโพดที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนออกไปแล้ว จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วใช้ไมโครปิเปตดูดน้ำข้าวโพดที่เจือจางจากขวดปรับปริมาตรใส่ในหลอดทดลองจำนวน 3 หลอดๆละ 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำ DNS ใส่ตามลงไปในหลอดทั้ง 3 หลอดๆละ 1 มิลลิลิตรแล้วนำไปต้มใน water bath ที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที จากนั้นนำมาแช่เย็นจนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ค่าที่ได้นำไปเปรียบเทียบกันสารละลายกลูโคสมาตรฐานแล้วคำนวณกลับให้ได้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดก่อนเจือจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสาร DNS (dinitrosalicylic reagent)

1. Dinitrosalic reagent (DNS reagent)

ละลาย 3,5 –dinitrosalicylic acid 1 กรัม ใน 2N NaoH 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Potassium sodium tartrate ลงไป 30 กรัม คนให้ละลาย ปรับปริมาตรให้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคส จากกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง (MW=180.2) 5.0 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร โดยสารละลายกลูโคส 0.0901 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (5.0 ไมโครโมลต่อมิลลิตร) ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองจำนวน 5 หลอด เติมน้ำกลั่น โดยให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม DNS reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร แช่หลอดลงในน้ำเดือดนาน 3 นาที แล้วนำมาแช่น้ำเย็นทันที เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยหลอดเปรียบเทียบ (blank) ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส เขียนกราฟระหว่างค่าที่อ่านได้กับปริมาณกลูโคสในแต่ละหลอด

การตรวจสอบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยวิธี phenol-sulfuric acid

ทำการดูดน้ำข้าวโพดจากกากรตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร มาใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยดูดมา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เพื่อเจือจางจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นใช้ไมโครปิเปตดูดขึ้นมา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดทดลอง 3 หลอด จากนั้นเติม phenol (4%) หลอดละ 0.5 มิลลิลิตรและตามด้วย Sulfuric acid (95%) หลอดละ 2.5 มิลลิลิตร นำไป vortex ทิ้งไว้ 10 นาทีแล้วไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 490 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน แล้วนำไปคำนวณกลับให้ได้ค่าคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของน้ำข้าวโพดเริ่มต้นก่อนเจือจาง

การเตรียมสารเคมี และสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

1. Phenol solution (4%)

ละลาย phenol 40 กรัม ในน้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (0.1 mg/ml) โดยชั่งกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง ปริมาณ 5 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

วิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส

ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ) เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายกลูโคสทั้งหมด 2 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริก (95%) ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร (ระวังความร้อนจากกรดผสมน้ำ) เขย่าให้เข้ากัน (vortex) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคส (ไมโครกรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง

ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมสารประกอบ phenol (4%) ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริก (95%) ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร อ่านค่าคาร์โบไฮเดรต จากกราฟสารละลายมาตรฐานกลูโคสจากข้อที่ 1

คำนวณปริมาณร้อยละ (%) ของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง (% โดยปริมาตร)

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเกินกว่า 1.0 หรือสูงกว่าค่าของกราฟมาตรฐาน ให้ทำการเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น บันทึกจำนวนที่เจือจาง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม ศิริชัย และตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง โดยวิธี Least significant difference (LSD) และ Dancan's new multiple range test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกปฏิบัติและการดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูกโดยการไถพรวน จำนวน 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1-2 สัปดาห์ ใช้ระยะปลูก 75×25 เซนติเมตร อัตราปลูก 3-5 เมล็ดต่อหลุม หลังจากนั้นเมล็ดจะงอกเป็นต้นอ่อนใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นทำการถอนแยกให้เหลือเพียง 1 ต้นต่อหลุม และตรวจสอบดูว่ามีหลุมใดที่ไม่ขึ้นให้ทำการปลูกซ่อม

ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่

ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 หลังใส่ปุ๋ยครั้งแรก 15 และ 30 วัน ตามลำดับ

การป้องกันกำจัดวัชพืช ใช้แรงงานคนในการกำจัดโดยในระยะแรกใช้มือถอน แต่พอต้นข้าวโพดโตได้ระยะที่แข็งแรงแล้วสามารถใช้จอบถากบริเวณรอบ พร้อมกับพูนโคนต้น หลังจากใส่ปุ๋ยในครั้งที่ 2 และ 3

การให้น้ำ ในระยะแรกจะรดน้ำทุกวัน จนเมล็ดงอก เมื่อเมล็ดงอกแล้วใช้วิธีแบบให้น้ำตามร่องประมาณ 10 วันครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองเพื่อศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน (sugar gene) ต่างชนิดกันต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวาน โดยการปลูกข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน 2 ชนิด (bt_1 , sh_2) จำนวน 4 พันธุ์แต่ละพันธุ์จัดให้มีการผสมตัวเอง และผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน หลังการผสมละอองเกสรประมาณ 20 วันนำตัวอย่างเมล็ดมาตรวจวัดลักษณะคุณภาพ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ดังนี้

ความหวาน

ความหวานของเมล็ดข้าวโพดวัดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือบริกซ์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ที่ได้จากการผสมตัวเองและจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกันมีความหวานแตกต่างกัน ($P<.01$) ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 1และเมื่อพิจารณาค่าความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเองกับเมล็ดที่ได้จากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน พบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันทำให้เมล็ดมีความหวานลดลง ($P<.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาค่าความหวานตามพันธุ์พบว่า เมล็ดของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 (bt_1) ที่ผสมกับตัวเอง มีความหวานเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 14.23 องศาบริกซ์ รองลงมาได้แก่ เมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 (sh_2) ที่ผสมกับตัวเองมีความหวานเฉลี่ย เท่ากับ 13.98 องศาบริกซ์ เมื่อพิจารณาค่าความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานเฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ตามยีนที่ควบคุมความหวานพบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมโดยยีนบิทเทิล - 1 (bt_1) (พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 และพันธุ์ ATS8) ผสมตัวเอง มีความหวานเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 13.55 องศาบริกซ์ สูงกว่าเมล็ดที่ได้จากการผสมด้วยละอองเกสรที่มียีน sh_2 ซึ่งมีความหวานเฉลี่ยเพียง 11.80 องศาบริกซ์ รองลงมาได้แก่เมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมโดยยีนชรังเคน-2 (sh_2) (พันธุ์อินทรีย์ 2 และพันธุ์ซูการ์ 75) ผสมตัวเอง มีความหวานเฉลี่ย 13.10 องศาบริกซ์ สูงกว่าเมล็ดข้าวโพดหวานที่มียีน sh_2 แต่ได้รับการผสมด้วยละอองเกสรที่มียีน bt_1 ซึ่งมีความหวานเฉลี่ยเพียง 11.68 องศาบริกซ์

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนชนิดหนึ่งมีผลต่อความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดเสมอ โดยทำให้ความหวานของเมล็ดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cobbledick , (1997) และ Lisec et al , (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่าความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

(ยีนควบคุมความหวาน) ต้นแม่/แหล่งละอองเกสร	ค่าความหวาน (brix)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (มก.กลูโคส/มล.)	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (มก.กลูโคส/มล.)
1229(bt_1) / 1229(bt_1)	14.23^{a}	20.29^{a}	132.47^{abc}
1229(bt_1) / อินทรีย์ 2(sh_2)	11.78^{bc}	15.01^{ab}	85.41^{c}
ATS 8(bt_1) / ATS 8(bt_1)	12.86^{ab}	13.52^{ab}	125.65^{abc}
ATS 8(bt_1) / อินทรีย์ 2(sh_2)	11.82^{bc}	14.62^{ab}	86.38^{c}
อินทรีย์ 2(sh_2) / อินทรีย์ 2(sh_2)	13.98^{a}	12.56^{ab}	143.05^{a}
อินทรีย์(sh_2) / ATS 8(bt_1)	12.41^{bc}	11.14^{ab}	91.78^{bc}
ซูการ์ 75 (sh_2) / ซูการ์ 75 (sh_2)	12.21^{bc}	7.15^{b}	136.76^{ab}
ซูการ์ 75 (sh_2) / ATS 8 (bt_1)	10.96^{c}	7.14^{b}	111.07^{abc}
Mean	12.53	12.68	114.07
F-test	**	**	**
CV(%)	5.79	34.22	19.30

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ผลการทดลองพบว่า เมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ที่ได้จากการผสมตัวเองและจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สะสมในเมล็ด หน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมกลูโคส/มิลลิลิตร แตกต่างกัน (P<.01) ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 2 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแยกตามพันธุ์พบว่าเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 , ATS8 และอินทรีย์ 2 ทั้งเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเองและที่ได้จากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน มีการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดที่อายุประมาณ 20 วันหลังการผสมเกสรไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) แต่เมล็ดของข้าวโพดหวาน 3 พันธุ์นี้ทั้งที่ได้จากการผสมตัวเองและที่ได้จากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันมีการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดสูงกว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สะสมในเมล็ดของข้าวโพดหวานพันธุ์ซูการ์ 75 (P<.01)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่าความหวาน , ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ , ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ได้จากการผสมตัวเองและผสมกับละอองเกสรที่มียีนต่างกัน

ยีนควบคุมความหวาน		ค่าความหวาน	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
ต้นแม่	ละอองเกสร	(brix)	(มก.กลูโคส/มล.)	(มก.กลูโคส/มล.)
bt_1	bt_1	13.55 [a]	16.91 [a]	129.06 [a]
bt_1	sh_2	11.80 [b]	14.82 [ab]	85.89 [b]
sh_2	sh_2	13.10 [a]	9.86 [b]	139.90 [a]
sh_2	bt_1	11.68 [b]	9.14 [b]	101.42 [ab]
Mean		12.53	12.68	114.06
F-test		**	*	**
CV(%)		3.74	29.14	14.88

หมายเหตุ bt_1 เป็นยีนควบคุมความหวานในข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 และพันธุ์ ATS 8
sh_2 เป็นยีนควบคุมความหวานในข้าวโพดพันธุ์อินทรีย์ 2 และพันธุ์ซูการ์ 75

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลริดิวซ์ที่สะสมในเมล็ดแยกตามยีนเฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ พบว่าข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน bt_1 มีการสะสมน้ำตาลในเมล็ดสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 (ตารางที่ 4) และที่สำคัญพบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกันมีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดหนึ่งน้อยมาก และละอองเกสรจากข้าวโพดหวานต่างชนิดกันนี้มีผลทั้งเพิ่มและลดการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ด เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมตัวเอง จึงถือได้ว่าชนิดของยีนควบคุมความหวานในละอองเกสรไม่มีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ด

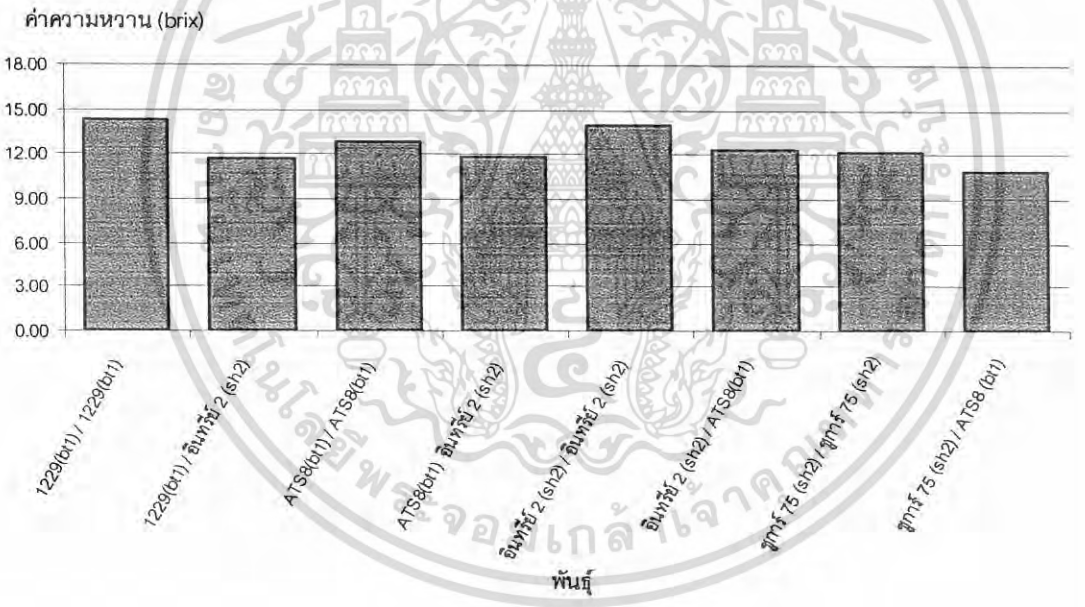
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้มีหน่วยของการวัดเป็นมิลลิกรัมกลูโคส/มิลลิลิตรของเหลวจากเมล็ด จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน 2 ชนิดคือ sh_2 และ bt_1 พบว่าเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ที่ได้จากการผสมตัวเองและจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดแตกต่างกัน ($P<.01$) โดยพบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันมีแนวโน้มทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

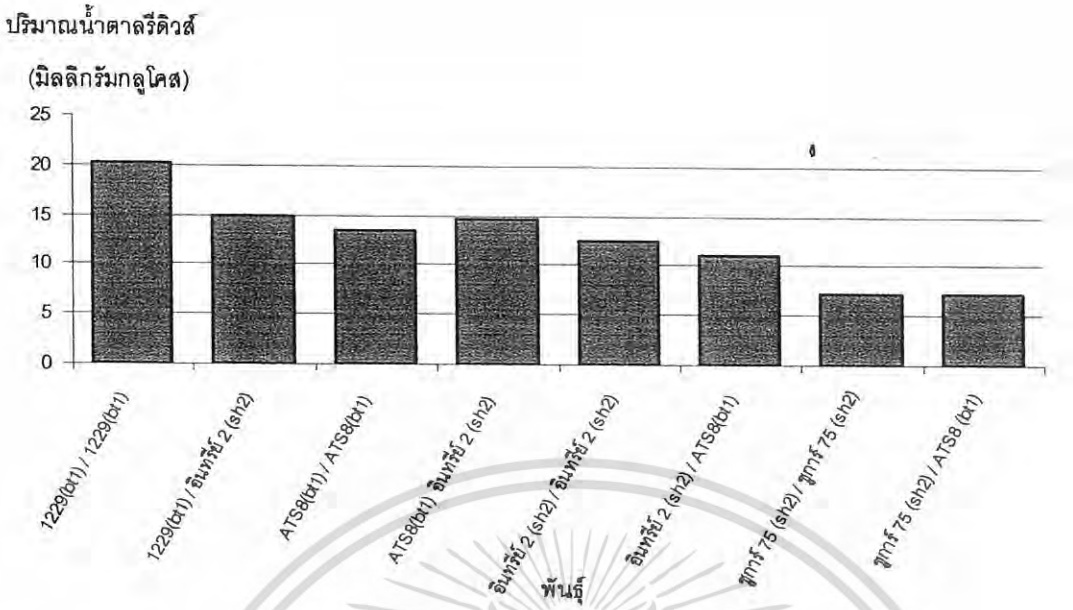
หวานที่อายุ 20 วันหลังการผสมเกสรลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมตัวเองไม่ว่าแหล่งละอองเกสรจะเป็นยีน sh_2 หรือ bt_1 ต่างก็แสดงผลทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนอีกชนิดหนึ่งลดลงเหมือนกัน (ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลของละอองเกสรต่อข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันแยกตามพันธุ์พบว่าอิทธิพลของละอองเกสรต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดของข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์ไม่เท่ากัน โดยพบว่าละอองเกสรที่มียีน bt_1 ทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 (sh_2) ลดลงมากกว่าพันธุ์ซูการ์ 75 (sh_2) เมื่อพิจารณาผลของยีนจากละอองเกสรต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนต่างชนิดกันเฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ (ตารางที่ 4) พบว่าละอองเกสรที่มียีน sh_2 ทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดของข้าวโพดหวาน bt_1 ลดลงมากกว่าการลดลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดข้าวโพดหวาน sh_2 ที่เป็นผลเนื่องมาจากละอองเกสรที่เป็น bt_1



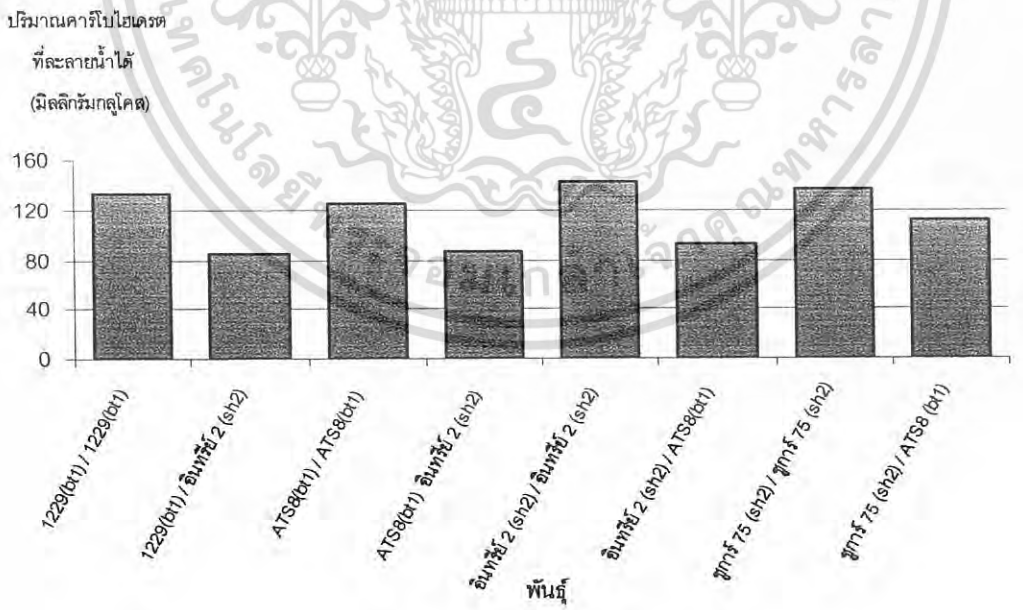
ภาพที่ 1 แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือค่าความหวาน (brix) ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

102681

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3 แสดงค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์จากการผสมตัวเอง และได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

1. คุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวาน สามารถวัดได้จากค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และปริมาณสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble polysaccharides) ประกอบกัน แต่การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นอาจใช้ค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เป็นดัชนีตรวจวัดคุณภาพอย่างคร่าว ๆ ได้ เนื่องจากค่าความหวานเกิดจากผลของน้ำตาลหลายชนิด ทั้งที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและน้ำตาลที่เกิดจากคาร์บอนหลายโมเลกุล รวมถึงสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ ที่ละลายน้ำได้

2. ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนควบคุมความหวาน (sugar gene) ชนิดเดียวกัน เช่น พันธุ์ATS 8 กับพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 ซึ่งควบคุมด้วยยีน bt_1 หรือพันธุ์ซูการ์ 75 กับพันธุ์อินทรีย์ 2 ซึ่งควบคุมด้วยยีน sh_2 เหมือนกันแต่พบว่ามีคุณภาพเมล็ดแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่ามีอิทธิพลของยีนที่เป็นองค์ประกอบ (genetic components /genetic backgrounds) อื่น ๆ เกี่ยวข้องด้วย

3. เมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากการได้รับการผสมด้วยละอองเกสรที่มียีนควบคุมความหวานต่างชนิดกันจะมีผลทำให้ค่าความหวาน และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดมีค่าน้อยกว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากการได้รับการผสมด้วยละอองเกสรที่มียีนควบคุมความหวานชนิดเดียวกัน

4. ละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกันมีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดหนึ่งน้อยมากจึงถือได้ว่าชนิดของยีนควบคุมความหวานในละอองเกสรไม่มีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2524. ข้าวโพด. เอกสารวิชาการเล่มที่ 4. หน้า 15-22.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรที่ดีเหมาะสมสำหรับข้าวโพด. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์เกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 26 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. การวิจัยและพัฒนาพืชสู่ความปลอดภัยอาหาร. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 46-63.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2546. ปรับปรุงพันธุ์พืชพื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 281 หน้า.

ชื่นจิต แต่ศิวิลัย.2546. การใช้ลักษณะที่เป็นประโยชน์จากข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดไร่ เพื่อปรับปรุงสายพันธุ์อินเบรด และลูกผสมของข้าวโพดหวานพิเศษ (sh2). วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 78 หน้า.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ.2540.ข้าวโพดหวานการปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า.สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.188 หน้า.

นลิณี ปัดสุวัน.2547.การใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดไร่เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานโดยวิธีผสมกลับ. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 91หน้า.

พรทิพย์ อ่ำแจ่ม และมนทิรา มานิมิต. 2544. ผลของละอองเกสรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ข้าวโพดข้าวเหนียวต่อคุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวานพิเศษพันธุ์อินทรีย์ 2 และพันธุ์ฉัตรทอง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 23 หน้า.

ราเชนทร์ ถิรพร. 2539. ข้าวโพด : การผลิตการใช้ประโยชน์การวิเคราะห์ปัญหาและการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร. ด่านสุทธาการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 274 หน้า.

วิไลวรรณ พรหมคำ และวันชัย ถนอมทรัพย์. 2547. การผลิตข้าวโพดฝักอ่อนและข้าวโพดหวานเพื่ออุตสาหกรรมการแปรรูป. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 20 หน้า

โอวาท จุฑานนท์. 2513. ข้าวโพด. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 166 หน้า.

Lisec, B., Grath, D.M. and T. Cross. 2004. Sweet corn for processing. Oregon State University. Oregon

Cobbledick, R.H. 1997. High Sugar Sweet Corn. Ontario University.USA.

www.classroom.psu ac.th/usres/sprsvit/510-211/lab/cornlap.doc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

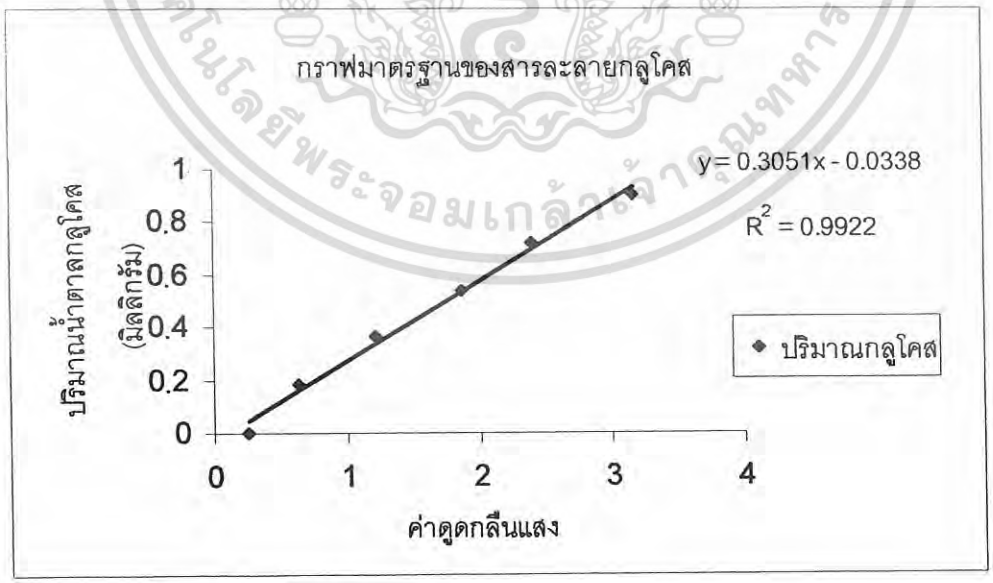
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

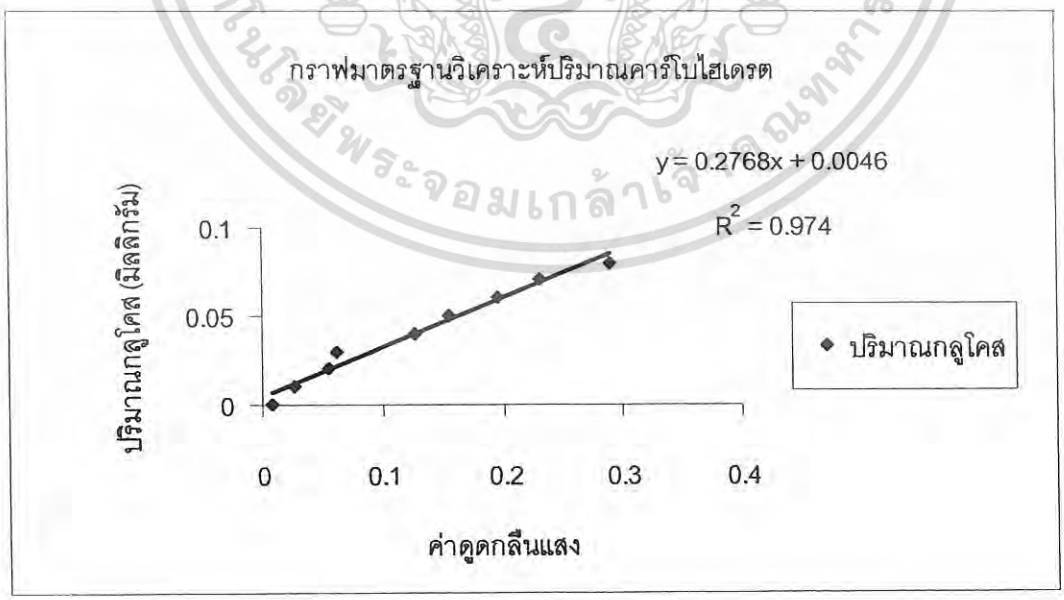
ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัม)	ค่าดูดกลืนแสง
0	0.254
0.18	0.6313
0.36	1.209
0.541	1.863
0.721	2.401
0.901	3.164



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัม)	ค่าดูดกลืนแสง
0	0.008
0.01	0.0273
0.02	0.0553
0.03	0.0613
0.04	0.127
0.05	0.1553
0.06	0.195
0.07	0.2306
0.08	0.29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (wss) ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

พันธุ์	ค่าความหวาน				เฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
1229/1229	14.58	13.6	14.36	14.38	14.23
1229/อินทรีย์ 2	10.5	12.9	12.12	11.6	11.78
ATS 8/ATS8	13.76	12.8	11.18	13.7	12.86
ATS 8/อินทรีย์ 2	11.78	11.82	10.32	13.34	11.82
อินทรีย์ 2/อินทรีย์ 2	14.32	13.68	13.7	14.22	13.98
อินทรีย์2/ATS8	12.12	12.8	12.18	12.52	12.41
ซูการ์ 75/ซูการ์ 75	11.82	12.14	12.12	12.76	12.21
ซูการ์ 75/ATS8	10.46	11.42	10.88	11.06	10.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงค่าการดูดแสงของสารละลาย และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

(ยีนควบคุมความหวาน)		ค่าการดูดกลืนแสง[1]				ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์(มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)[2]				เฉลี่ย
ต้นแม่	แหล่งละอองเกสร	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
1229	1229	0.56	1.05	1.71	0.52	13.58	28.63	26.58	12.36	20.29
1229	อินทรีย์	0.33	0.60	1.76	0.69	6.72	14.96	20.62	17.76	15.01
ATS 8	ATS 8	0.43	0.59	0.75	0.44	9.77	14.68	19.47	10.17	13.52
ATS 8	อินทรีย์	0.43	0.72	1.12	0.37	9.62	18.65	22.18	8.03	14.62
อินทรีย์	อินทรีย์	0.51	0.47	0.59	0.52	12.12	11.08	14.71	12.33	12.56
อินทรีย์	ATS 8	1.16	0.45	0.45	0.71	5.47	10.26	10.47	18.34	11.14
ซูการ์ 75	ซูการ์ 75	0.33	0.29	0.42	0.34	6.57	5.44	9.53	7.08	7.15
ซูการ์ 75	ATS 8	0.35	0.39	0.31	0.33	7.39	8.43	6.11	6.63	7.14

หมายเหตุ 1. แสดง ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำข้าวโพดที่เจือจางด้วยอัตรา 1 ใน 100 มิลลิลิตร

2. แสดง ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างน้ำข้าวโพดก่อนเจือจาง

ตารางผนวกที่ 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

(ยีนควบคุมความหวาน)		ค่าการดูดกลืนแสง				ปริมาณคาร์โบไฮเดรต[2](มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)				เฉลี่ย
ต้นแม่	แหล่งละอองเกสร	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
1229	1229	0.98	0.99	0.89	0.90	137.66	139.04	125.89	127.28	132.47
1229	อินทรีย์	0.95	0.62	0.39	0.45	133.64	87.55	56.28	64.16	85.41
ATS 8	ATS 8	1.14	0.85	0.66	0.91	160.08	120.08	93.64	128.80	125.65
ATS 8	อินทรีย์	0.62	0.66	0.46	0.69	87.97	93.23	66.10	98.21	86.38
อินทรีย์	อินทรีย์	1.30	0.94	0.92	0.91	182.08	132.26	129.90	127.97	143.05
อินทรีย์	ATS 8	0.56	0.59	0.59	0.84	80.36	84.09	84.23	118.42	91.78
ซูการ์ 75	ซูการ์ 75	0.88	1.14	0.91	0.96	123.68	159.52	128.38	135.44	136.76
ซูการ์ 75	ATS 8	0.59	1.57	0.64	1.11	84.51	113.11	90.18	156.48	111.07

หมายเหตุ 1. แสดง ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำข้าวโพดที่เจือจางด้วยอัตรา 1 ใน 5,000 มิลลิลิตร

2. แสดง ค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างน้ำข้าวโพดก่อนเจือจาง

ตารางผนวกที่ 4 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (wss) ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน

ยีนควบคุมความหวาน		ค่าความหวาน				เฉลี่ย
ยีนจากต้นแม่	ยีนจากละอองเกสร	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
Bt_1	Bt_1	14.17	13.2	12.77	14.04	13.55
Sh_2	Sh_2	13.07	12.91	12.91	13.49	13.10
Bt_1	Sh_2	11.14	12.36	11.22	12.47	11.80
Sh_2	Bt_1	11.29	12.11	11.53	11.79	11.68

ตารางผนวกที่ 5 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน

ยีนควบคุมความหวาน		ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)				เฉลี่ย
ยีนจากต้นแม่	ยีนจากละอองเกสร	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
Bt_1	Bt_1	11.68	21.65	23.03	11.26	16.91
Sh_2	Sh_2	9.34	8.26	12.12	9.71	9.86
Bt_1	Sh_2	8.17	16.80	21.40	12.90	14.82
Sh_2	Bt_1	6.43	9.34	8.29	12.49	9.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 แสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน

ยีนควบคุมความหวาน		ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)				เฉลี่ย
ยีนจากต้นแม่	ยีนจากละอองเกสร	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
Bt_1	Bt_1	148.87	129.56	109.77	128.04	129.06
Sh_2	Sh_2	152.88	145.89	129.14	131.70	139.90
Bt_1	Sh_2	110.81	90.39	61.19	81.19	85.89
Sh_2	Bt_1	82.43	98.60	87.21	137.45	101.42

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหวาน (brix) ของเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	Computed F	Tabular F .05	Tabular F .01
Replication	3	3.0295	1.0098	1.92^{NS}	3.07	4.87
Treatment	7	35.0951	5.0136	9.52**	2.49	3.64
Error	21	11.0618	0.5268			
Total	31	49.1864				

NS = non-significant

** = significantly difference at .01 level

CV(%) = 5.7926 %

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	Computed F	Tabular F .05	Tabular F .01
Replication	3	237.4223	79.1408	4.20*	3.07	4.87
Treatment	7	525.7917	75.1131	3.99**	2.49	3.64
Error	21	395.4109	18.8291			
Total	31	1158.6249				

* = significantly difference at .05 level

** = significantly difference at .01 level

CV(%) = 34.2237 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเมล็ดข้าวโพดหวาน4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	Computed F	Tabular F .05	Tabular F .01
Replication	3	340495.2927	113498.4309	2.34^{NS}	3.07	4.87
Treatment	7	1568567.5961	224081.0852	4.62**	2.49	3.64
Error	21	1018267.6455	48488.9355			
Total	31	2927330.5342				

NS = non-significant

** = significantly difference at .01 level

CV(%) = 19.3042 %

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหวาน (brix) ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	Computed F	Tabular F .05	Tabular F .01
Replication	3	15.148	0.5049	2.30^{NS}	3.86	6.99
Treatment	3	10.4340	3.4780	15.88**	3.86	6.99
Error	9	1.9717	0.2191			
Total	15	13.9205				

NS = non-significant

** = significantly difference at .01 level

CV(%) = 3.7357%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	Computed F	Tabular F .05	Tabular F .01
Replication	3	118.7111	39.5704	2.90^{NS}	3.86	6.99
Treatment	3	171.7486	57.2495	4.19*	3.86	6.99
Error	9	122.8633	13.6515			
Total	15	413.3230				

NS = non-significant

* = significantly difference at .05 level

CV(%) = 29.1409 %

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ของข้าวโพดหวานที่ได้รับการผสมกับยีนชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	Computed F	Tabular F .05	Tabular F .01
Replication	3	1702.4766	567.4922	1.97^{NS}	3.86	6.99
Treatment	3	7383.4766	2461.1589	8.55**	3.86	6.99
Error	9	2592.1571	288.0175			
Total	15	11678.1103				

NS = non-significant

** = significantly difference at .01 level

CV(%) = 14.8778 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล : นางสาวกนกวรรณ นุชอุดม

วันเดือนปีเกิด : 16 พฤษภาคม พ.ศ.2528

ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 103/4 หมู่ที่ 6 ตำบลคลองพระอุดม อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

โทรศัพท์ : 02-9628632

ที่อยู่ปัจจุบัน : 103/4 หมู่ที่ 6 ตำบลคลองพระอุดม อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

โทรศัพท์ : 02-9628632

การศึกษา : พ.ศ. 2534-2539 ระดับ ประถมศึกษา โรงเรียนวัดบ่อ (นันทวิทยา) จังหวัด นนทบุรี

พ.ศ. 2540-2542 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

พ.ศ. 2543-2545 ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปากเกร็ด จังหวัด นนทบุรี

พ.ศ.2546 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชไร่)
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหาร-ลาดกระบัง

ชื่อ – นามสกุล : นางสาวนลินรัตน์ น้อยฉวี

วันเดือนปีเกิด : 4 ธันวาคม พ.ศ. 2527

ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 347 ม. 2 ต. ท้ายบ้านใหม่ อ. เมืองฯ จ. สมุทรปราการ 10280

โทรศัพท์ : 02-3894923

ที่อยู่ปัจจุบัน : 347 ม. 2 ต. ท้ายบ้านใหม่ อ. เมืองฯ จ. สมุทรปราการ 10280

โทรศัพท์ : 02-3894923

การศึกษา : พ.ศ. 2534-2539 ระดับ ประถมศึกษา โรงเรียนศรีวิทยาปากน้ำ จังหวัด สมุทรปราการ

พ.ศ. 2540-2542 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ

พ.ศ. 2543-2545 ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ

พ.ศ.2546 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชไร่)
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหาร -ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้