คำนำ

ข้าวโพดหวาน (super sweet corn) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่ง ทำรายได้ให้ประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท ในประเทศไทยข้าวโพดหวานเริ่มมีบทบาทและความสำคัญมากยิ่งขึ้น นอกจากการปลูกเพื่อจำหน่ายฝักสดแล้วยังสามารถปลูกเป็นพืชอุตสาหกรรมเพื่อจำหน่ายโรงงานแปรรูปและส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก ข้าวโพดหวานสามารถปลูกได้ดีในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ในเขตภาคตะวันออกแม้ว่าจะไม่ใช่เป็นแหล่งผลิตใหญ่ของข้าวโพดหวาน แต่ก็ยังมีเกษตรกรจำนวนมากที่มีการปลูกข้าวโพดหวานเพื่อการจำหน่ายในชุมชน ทั้งในรูปของการจำหน่ายฝักสด ข้าวโพดต้มและข้าวโพดปิ้ง ทำรายได้ให้กับเกษตรกรและชุมชนได้ อย่างไรก็ตาม ในการผลิตโดยทั่วไปแล้วเกษตรกรมีการผลิตโดยมีการใช้สารเคมีเป็นอย่างมากทั้งในรูปของสารป้องกันกำจัดแมลง โรคพืชและวัชพืช ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียในด้านต่างๆ เช่น พิษโดยตรงและพิษตกค้างที่มีต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค ตลอดจนผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ดังนั้นการศึกษาสมรรถนะการผสมของพันธุ์ข้าวโพดหวานในสภาพการปลูกแบบอินทรีย์ ก็จะทำให้ได้พันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมหรือพันธุ์ผสมปล่อยที่เหมาะสมกับการปลูกในสภาพอินทรีย์ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการทำการเกษตรแบบยั่งยืนและเศรษฐกิจแบบพอเพียง ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มกำไรให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานในชุมชนจังหวัดชลบุรีและในเขตภาคตะวันออกต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมทั่วไป (gca) และสมรรถนะการผสมจำเพาะ (sca) ของพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมในสภาพการปลูกทดสอบแบบอินทรีย์

การตรวจเอกสาร

ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้าในวงศ์ Gramineae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. (ราเชนทร์, 2539) มีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกากลางแถบเม็กซิโก จัดเป็นธัญพืชที่ใช้ประโยชน์เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ที่มีความสำคัญรองจากข้าวสาลีและข้าว สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมค่อนข้างกว้าง ปลูกได้ตั้งแต่เส้นรุ้ง 55 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ ภายในเมล็ดมีแป้งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ใช้เป็นอาหารหลักของมนุษย์ในหลายประเทศ เช่น เม็กซิโก สเปน อิตาลี แอฟริกาใต้ อินเดีย และอินโดนีเซีย นอกจากนี้ยังนำไปใช้ประโยชน์เป็นอุตสาหกรรมแป้ง น้ำตาล และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อจำหน่ายภายในประเทศและส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ (ชูศักดิ์, 2542)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พิเชษฐ์ และสุรพงษ์ (2555) ได้รายงานลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของรากของข้าวโพดไว้ว่า ราก (root) เกิดจากจุดกำเนิดของเมล็ดหรือที่เรียกว่า คัพภะ (embryo) หน่อหรือลำต้นจะงอกขึ้นมาในด้านตรงกันข้ามกับรากและระหว่างนี้จะมีรากที่สอง ที่สาม ตามออกมา รากดังกล่าวเป็นรากชั่วคราว หรือรากขั้นต้น (primary or seminal root) หลังจากข้าวโพดเจริญได้ 1 สัปดาห์ ถึง 10 วัน รากถาวร (adventitious root or permanent root) งอกขึ้นรอบข้อ ระดับใต้ผิวดินประมาณ 3 – 5 เซนติเมตร รากอากาศ (aerial or brace roots) จัดรวมอยู่ในพวกรากถาวรนี้ รากถาวรดังกล่าว เมื่อโตเต็มที่จะเจริญแผ่ออกไปโดยรอบประมาณ 100 เซนติเมตร ภายใน 28 วัน รากจะงอกออกไปได้ 60 เซนติเมตร เมื่อข้าวโพดเริ่มออกดอกและติดฝัก รากจะลดการขยายตัวและเจริญเติบโตตามลำดับ และหยุดเมื่อฝักเริ่มแก่ การแทงรากไปไกลมากน้อยเพียงใดขึ้นกับชนิดของดิน ความชุ่มชื้นภายในดินและระดับน้ำใต้ดิน รากของข้าวโพดมีระบบที่เรียกว่า ระบบรากฝอย (fibrous root system) ซึ่งแบ่งออกเป็นหลายชนิด เช่น รากขั้นต้น (primary root) รากยึดเหนี่ยว (brace root) รากด้านข้าง (lateral root) และรากฝอย (root hair) แต่ไม่มีรากแก้ว (tap root) รากขั้นต้นที่งอกออกมาครั้งแรกจะมีจำนวน 20 - 30 ราก ส่วนรากยึดเหนี่ยวนั้นมีจำนวนไม่จำกัด และอาจแยกออกเป็นรากยึดเหนี่ยวย่อยๆ อีกเป็นจำนวนมากก็ได้ อาจจะมีจำนวนถึงร้อยและยาว 30 - 60 เซนติเมตร ส่วนรากฝอยมีขนาดเล็กมาก และมีอายุสั้น คิดเป็นร้อยละ 12 - 15 ของน้ำหนักทั้งหมด ปริมาณของรากข้าวโพดแต่ละต้นแต่ละพันธุ์ มีมากน้อยต่างกันไปแล้วแต่ลักษณะกรรมพันธุ์

ราเชนทร์ (2539) ได้รายงานลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพดเกี่ยวกับ ลำต้น ใบ ดอก ช่อดอก ผล และเมล็ด ตลอดจนการจำแนกชนิดของข้าวโพดไว้ดังนี้

ลำต้น (culm หรือ stalk) ประกอบด้วยข้อและปล้อง บริเวณข้อมีเนื้อเยื่อเจริญ จุดกำเนิดราก ตา และรอยกาบใบ มีความสูงต้นตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 7.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น 2.5 - 5.0 เซนติเมตร

ใบ ประกอบด้วย กาบใบ และแผ่นใบ กาบใบจะหุ้มลำต้น ส่วนแผ่นใบแผ่กางออก มีเส้นกลางใบเรียกว่า mid rid ข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนต่ออัตราการปลูกสูง มักจะมีลักษณะใบตั้ง ส่วนแผ่นใบด้านบนมีขนเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแสง ส่วนแผ่นใบด้านล่างจะเรียบและมีปากใบจำนวนมาก

ดอก ข้าวโพดมีช่อดอกตัวผู้เรียกว่า tassel และช่อดอกตัวเมียเรียกว่า ear อยู่บนต้นเดียวกันแต่แยกกันอยู่คนละตำแหน่ง (monoecious plant) โดยช่อดอกตัวผู้อยู่ที่ส่วนยอดของลำต้นเป็นแบบ panicle มีแกนกลางช่อดอกเรียกว่า rachis ที่ rachis มีกิ่งแขนงชั้นแรกเกิดอยู่ และบนกิ่งแขนงนี้เป็นที่เกิดของกิ่งแขนงชั้นที่สองกลุ่มดอกย่อย (spikelet) เกิดเป็นคู่คือชนิดที่มีก้าน (pedicelled spikelet) และไม่มีก้าน (sessile spikelet) แต่ละดอกย่อยประกอบด้วยกลีบดอกที่เรียกว่า lemma และ palea มีเกสรตัวผู้ 3 อัน เยื่อรองรังไข่ (lodicule) 2 อัน และส่วนช่อช่อดอกตัวเมียที่ไม่ทำหน้าที่ (rudimentary pistil) อีก 1 อัน โดยทั่วไปดอกตัวผู้จะโปรยละอองเกสรอยู่นาน 5-8 วัน ส่วนช่อดอกตัวเมียหรือฝัก เกิดจากตาที่มุมใบของข้อที่ 6 นับจากใบธงลงมา มีช่อดอกแบบ spike การพัฒนาของช่อดอกเริ่มขึ้นเมื่อช่อดอกมีอายุ 40 - 45 วันหลังงอก ก้านฝักหรือก้านช่อดอก (shank) ถูกหุ้มด้วยกาบใบหรือเปลือกหุ้มฝัก (husk) กลุ่มดอกตัวเมียเกิดเป็นคู่เรียงกันเป็นแถวยาวบนแกนกลางช่อดอกหรือซัง (cob) ดังนั้นฝักข้าวโพดจึงมีจำนวนแถวของเมล็ดเป็นแถวคู่ กลุ่มดอกมีก้านสั้นถูกห่อหุ้มด้วยกลีบ (glume) สั้นๆ 2 กลีบ ภายในแต่ละกลุ่มมีดอกย่อย 2 ดอก เฉพาะดอกย่อยดอกบนเท่านั้นที่เจริญ แต่ละดอกย่อยประกอบด้วย lemma และ palea รวมเรียกว่า chaff มีเกสรตัวเมีย 1 อัน เยื่อรองรังไข่ 2 อัน และเกสรตัวผู้ที่เป็นหมัน (rudimentary stamen) 3 อัน ก้านเกสรตัวเมียยาว 10 - 30 เซนติเมตร เรียกว่าไหม (silk) ไหมแต่ละเส้นจะมีขนที่สามารถรับละอองเกสรตัวผู้ได้ตลอดความยาว เส้นไหมบริเวณโคนฝักจะเกิดขึ้นก่อนตามด้วยส่วนกลางฝัก แต่เส้นไหมบริเวณกลางฝักจะยืดตัวโผล่พ้นกาบหุ้มฝักก่อน จึงได้รับการผสมก่อน ทำให้เมล็ดบริเวณกลางฝักมีความสมบูรณ์และขนาดใหญ่กว่าบริเวณโคน และปลายฝัก ไหมจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งเหี่ยวเมื่อดอกได้รับการผสม ข้าวโพด 1 ฝัก จะมีไหม 400 - 1000 เส้น ทำให้เกิดเมล็ด 400 - 1000 เมล็ด

ช่อดอกตัวผู้ เรียกว่า tassel ปรากฏอยู่ที่ส่วนยอดของลำต้น ลักษณะเป็นแบบ panicle บนก้านของช่อดอกตัวผู้ปรากฏด้วยดอกย่อย (spikelet) เกิดเป็นดอกย่อยหนึ่งดอกมีก้านดอกเรียกว่า (pedicelled spikelet) อีกดอกย่อยดอกหนึ่งไม่มีก้านเรียกว่า sessile spikelet ภายในแต่ละดอกย่อยจะประกอบด้วย 2 floret และในแต่ละ floret มีอับละอองเกสรตัวผู้ (anther) 3 อัน ซึ่งanther ผลิตเกสรตัวผู้ (pollen grain) ถึง 2,500 ละออง ดังนั้นโดยเฉลี่ยช่อดอกตัวผู้ 1 ช่อ สามารถผลิตเกสรตัวผู้ได้ 2 ถึง 5 ล้านละออง โดยทั่วไปดอกตัวผู้จะโปรยละอองก่อนการออกไหม 2 - 3 วัน และจะโปรยละอองมากสุดอยู่ 5 - 8 วัน

ช่อดอกตัวเมีย ของข้าวโพดเรียกว่า ฝัก (ear) อยู่ด้านข้างบริเวณกลางๆ ของความสูงลำต้น จำนวน 1 ฝัก หรือมากกว่าฝักประกอบด้วยก้านฝัก (shank) ก้านฝักประกอบด้วยข้อจำนวนมากและปล้องมีขนาดสั้น ทำให้เกิดมีกาบใบที่หุ้มฝักเรียกว่า husk จำนวนมาก ฝักข้าวโพดเป็นช่อดอกแบบ spike ที่มีดอกย่อย (spikelet) เกิดเป็นคู่เรียงเป็นแถวอยู่บนส่วนของซัง (cob)1 spikelet ประกอบด้วย 2 floret แต่มีเพียง floret เดียวที่รองรับการผสมพันธุ์ได้ ก้านเกสรตัวเมีย (style) เรียกว่า ไหม (silk) เป็นส่วนที่ยืดยาวจากรังไข่ (ovary) ไหมแต่ละเส้นมีปุ่มขนที่สามารถรองรับละอองเกสรตัวผู้ได้ตลอดความยาวของเส้นไหม ไหมบริเวณส่วนโคนฝักจะเกิดขึ้นก่อน ตามด้วยส่วนกลางฝัก แต่ไหมบริเวณของบริเวณกลางฝักจะยืดตัวโผล่พ้นกาบหุ้มฝักก่อนจึงอาจได้รับการผสมก่อน ทำให้เมล็ดบริเวณกลางฝักมีความสมบูรณ์ และขนาดใหญ่กว่าบริเวณโคนฝักและปลายฝัก ไหมข้าวโพดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งเหี่ยวเมื่อได้รับการผสม ข้าวโพด 1 ฝัก จะผลิตไหมได้ 400 - 1,000 เส้น ทำให้เกิดเมล็ดได้ 400 - 1,000 เมล็ดต่อฝัก

ผลและเมล็ด ผลเป็นแบบ caryopsis ที่มีเยื่อหุ้มผล (pericarp) ติดอยู่กับส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆใสไม่มีสี เยื่อหุ้มผลและเยื่อหุ้มเมล็ดรวมเรียกว่า hull ข้าวโพดจะสะสมแป้งไว้ในส่วนของเอนโดสเปิร์ม การสะสมแป้งจะสิ้นสุดเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยจะปรากฏเยื่อสีดำ (black layer) ที่บริเวณโคนเมล็ด

การจำแนกชนิดข้าวโพด

ชูศักดิ์ (2542) ได้รายงานถึงการจำแนกชนิดของข้าวโพดตามคุณลักษณะของแป้งในเมล็ด ภายในเมล็ดข้าวโพดประกอบด้วยแป้ง 2 ชนิด แป้งแข็ง (hard starch) และแป้งอ่อน (soft starch) จึงสามารถอาศัยตำแหน่งของแป้งแต่ละชนิดและลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ด ได้เป็น 7 ชนิด คือ

1. ข้าวโพดป่า (pod corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. var. *tunicata* (Sturtev.) (Porcher, 2005) เป็นข้าวโพดเก่าที่ปลูกในบริเวณถิ่นกำเนิดแถบอเมริกากลางและใต้ เมล็ดข้าวโพดป่าทุกเมล็ดจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างมิดชิดเหมือนกับเมล็ดหญ้า และยังมีเปลือกหุ้มฝักอีกชั้นหนึ่งเมล็ดมีสีต่างๆ หรือมีลาย ลักษณะที่กล่าวมานี้ถูกควบคุมด้วยยีน *TU* อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 4 จัดอยู่ใน *tunicate*

2. ข้าวโพดคั่ว (pop corn) *Z. mays* L. var. *everta* (Sturtev.) L.H. Bailey. (Porcher, 2005) เป็นข้าวโพดที่มีแป้งแข็งที่อัดกันอย่างแน่นมาก มีแป้งอ่อนเป็นองค์ประกอบเล็กน้อย ลักษณะรูปร่างของเมล็ดแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ พวกที่มีรูปร่างเรียวแหลมคล้ายเมล็ดข้าวเรียกว่า rice pop corn และพวกที่มีลักษณะเมล็ดกลมเรียกว่า pearl pop corn เมื่อเมล็ดข้าวโพดชนิดนี้ได้รับความร้อนระดับหนึ่งแป้งจะขยายตัวสร้างความดันขึ้นภายในจนกระทั่งเปลือกหุ้มเมล็ดที่หนาแตกออก ปริมาตรของแป้งจะเพิ่มขึ้น 25-30 เท่า

3. ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) *Z. mays* L. var. *indurata* (Sturtev.) L.H. Bailey (Porcher, 2005) เป็นข้าวโพดที่ด้านบนของเมล็ดมีแป้งแข็งเป็นองค์ประกอบ ส่วนแป้งอ่อนจะอยู่ภายในตรงกลางเมล็ดหรือหรืออาจไม่มีเลย เมื่อเมล็ดแห้งจะไม่มีรอยบุบด้านบน ลักษณะดังกล่าวนี้ถูกควบคุมด้วยยีนเด่น *Fl* บนโครโมโซมคู่ที่ 2 เมล็ดมีสีต่างๆ เช่น เหลือง เหลืองส้ม ขาว และดำ

4. ข้าวโพดหัวบุบ (dent corn) *Z. mays* L. var. *indentata* (Sturtev.) L.H. Bailey (Porcher, 2005) เป็นข้าวโพดที่มีส่วนของแป้งอ่อนอยู่ด้านบนของเมล็ด ส่วนแป้งแข็งจะอยู่ด้านล่างของเมล็ดและด้านข้าง เมื่อข้าวโพดแก่เมล็ดเสียความชื้นทำให้แป้งอ่อนด้านบนหดตัว เมล็ดจึงเกิดรอยบุบ อยู่ใน subspecies *indentata*

5. ข้าวโพดแป้ง (flour corn) *Z. mays* L. var. *amylacea* (Sturtev.) L.H. Bailey (Porcher, 2005) เป็นข้าวโพดที่มีองค์ประกอบเป็นแป้งอ่อนเกือบทั้งหมด มีแป้งแข็งเป็นชั้นบางๆ อยู่ด้านในเมล็ด เมื่อข้าวโพดแก่จะหดตัวของแป้งในเมล็ดจะเท่าๆ กันทำให้เมล็ดมีรูปร่างเหมือนข้าวโพดหัวแข็ง แต่มีลักษณะทึบแสง (opaque) ลักษณะนี้ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย *fl* ซึ่งอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 2

6. ข้าวโพดหวาน (sweet corn) *Z. mays* L. var. *saccharata* (Sturtev.) L.H. Bailey (Porcher, 2005) เป็นข้าวโพดที่มีน้ำตาลในเมล็ดเปลี่ยนไปเป็นแป้งที่ไม่สมบูรณ์ เมล็ดจึงมีความหวานมากกว่าข้าวโพดชนิดอื่นๆ เมล็ดเมื่อแก่จะเหี่ยวย่น ลักษณะของข้าวโพดหวานถูกควบคุมด้วยยีนด้อยหลายกลุ่ม เช่น กลุ่ม sugary อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 4 *shrunken* 2 อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 3 และยีน *brittle* อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 5

7. ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) *Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh (Porcher, 2005) เมล็ดประกอบด้วยแป้งอ่อนที่มีความเหนียวเนื่องจากองค์ประกอบของแป้งส่วนใหญ่เป็นอะมิโลเปกติน (amylopectin) เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของอะมิโลเปกตินกับอะมิโลส (amylase) มีประมาณร้อยละ 73: 27 ลักษณะนี้ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย *wx* บนโครโมโซมคู่ที่ 9

ข้าวโพดหวาน คือข้าวโพดกลุ่มที่ควบคุมด้วยยีนซูการี่ (Sugary, *su/su*) ข้าวโพดหวานกลุ่มนี้มีปลูกในประเทศไทยมานาน มีความหวานเล็กน้อย มีน้ำตาลซูโครส(sucrose) ประมาณ 10.2 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีซูโครสประมาณร้อยละ 3.5 เมล็ดมีสีเหลืองอ่อน มีเปลือกหุ้มเมล็ดค่อนข้างเหนียว เวลารับประทานมักติดฟัน เมล็ดแก่จะเหี่ยวย่น เนื่องจากมีแป้งในเมล็ดเพียง 28 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดเกิดการยุบตัวมาก พันธุ์ข้าวโพดหวานที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ พันธุ์อีเหี่ยว (ปัญญา, มปป.)

กลุ่มที่ควบคุมด้วยยีนชรังเค่น (shrunken, *sh/sh* หรือ *sh2/sh2*) ข้าวโพดหวานกลุ่มนี้มีความหวานสูงกว่าในกลุ่มแรก มีซูโครสประมาณร้อยละ 30 เมื่อต้มและทิ้งไว้จนเย็นจะเหี่ยวเร็วกว่ากลุ่มแรก เมล็ดมีสีเหลืองส้ม เปลือกหุ้มเมล็ดเหนียวน้อยกว่ากลุ่มแรก เวลารับประทานมักจะไม่ค่อยติดหรือมีติดอยู่บนซังเพียงเล็กน้อย เวลารับประทานมักจะไม่ค่อยติดหรือมีติดอยู่บนซังเพียงเล็กน้อย เมล็ดแก่จะยุบตัวมากกว่า เพราะมีแป้งเพียง 18 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ข้าวโพดหวานที่อยู่ในกลุ่มนี้ เช่น พันธุ์อินทรี 2, ซูการ์ 73, ไฮบริกซ์ 5 และไฮบริกซ์ 10 เป็นต้น

กลุ่มที่ควบคุมด้วยยีนบริทเทิล (brittle, *bt / bt* หรือ *bt2 / bt2*) ข้าวโพดหวานในกลุ่มนี้จะมีความหวานใกล้เคียงกับกลุ่มที่สอง เมล็ดมีสีหวานกรอบมากกว่ากลุ่มอื่นๆ พันธุ์ที่มียีนบริทเทิลควบคุมความหวาน เช่น พันธุ์เอทีเอส - 2 หรือซูการ์ 74

กลุ่มที่มียีนเสริม ข้าวโพดหวานชนิดนี้จะมียีนที่เป็น homozygous recessive อยู่หนึ่งตำแหน่ง แต่อีกตำแหน่งหนึ่ง จะเป็น heterozygous เมื่อนำเมล็ดไปปลูกเพื่อผลิตฝักสด ยีนที่เป็น heterozygous จะแยกตัวตามกฎของ Mendel มีผลทำให้ร้อยละ25 ของเมล็ดที่เรารับประทานนั้นเป็น double recessive ทำให้ผู้รับประทานมีความรู้สึกว่าข้าวโพดนั้นหวานขึ้น ข้าวโพดหวานพวกนี้มียีน *su* เป็นพื้นฐานเพราะนักปรับปรุงพันธุ์ ต้องการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานนั้นให้หวานขึ้นโดยการนำยีน *sh2* หรือ ซูการ์รีเอ็นฮานเซอร์ (sugary enhancer, se) มาช่วยเสริม ตัวอย่างข้าวโพดหวานชนิดนี้คือพันธุ์ Sugar Loaf, Honey Comb และ Sugar Time เป็นต้น ในประเทศไทยข้าวโพดข้าวเหนียวหวานขอนแก่น อาจจะจัดอยู่ในประเภทนี้ได้ โดยมียีน *sh 2* เป็นพื้นฐาน และมียีน *su* หรือ *wx* เป็นตัวเสริม ได้มีผู้นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานประเภทนี้เข้ามา

ปลูก คือ ฝักข้าวโพดหวานอาจจะมีเมล็ด 2 สี คือ สีเหลืองและสีขาว โดยจะอยู่ในอัตราส่วน 75 : 25 ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน จะเรียกว่า bi-color แต่ถ้าจะพิสูจน์ให้แน่ชัดว่าข้าวโพดหวานนั้น อาจเกิดจากยีนเสริมหรือไม่ก็จะต้องนำฝักของข้าวโพดหวานที่สงสัยนั้นมาตากให้แห้ง แล้วดูว่าเมล็ดที่แห้งแล้วเหมือนกันทั้งฝักหรือไม่ ถ้าเมล็ดที่แห้งแล้วเหมือนกันทั้งฝักก็แสดงว่าเป็นข้าวโพดหวานชนิดยีนเดียว แต่ถ้าเมล็ดที่แห้งแล้วมีเมล็ดลีบมากๆ คล้ายข้าวโพดหวานพิเศษอยู่ประมาณร้อยละ 25 เมล็ดลีบมากๆ นี้เป็น double recessive ที่เหลืออีก 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นเมล็ดข้าวโพดหวานธรรมดา ข้าวโพดหวานฝักนั้นก็เป็นข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนเสริม

กลุ่มที่เกิดจากยีนร่วม เนื่องด้วยข้าวโพดหวานธรรมดามีความหวานน้อย และปัญหาเรื่องอัตราความงอกต่ำในข้าวโพดหวานพิเศษ นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน จึงได้พยายาม นำยีนต่างๆ มาอยู่ร่วมกันในสภาพ homozygous recessive ที่ทุกๆ ตำแหน่ง (locus) เพื่อให้ได้ข้าวโพดหวานที่มีคุณภาพดีขึ้น คือ ปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น และแก้ปัญหาในเรื่องอัตราความงอกต่ำ อย่างไรก็ตาม พันธุ์ข้าวโพดที่นิยมปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่ จะเป็นพันธุ์ที่ควบคุมความหวานด้วยยีน 2 ชนิด คือ ยีน ชรังเค่นและยีนบริทเทิล ซึ่งพันธุ์ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว มีอัตราส่วนทางการตลาดใกล้เคียงกัน (ปัญญา, มปป.)

ประเภทของพันธุ์ข้าวโพด

รสสุคนธ์ (2548) รายงานว่า ข้าวโพดที่นิยมปลูกกันอยู่ทั่ว ๆ ไป อาจจำแนกพันธุ์ได้เป็น 2 ปะเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. **พันธุ์ลูกผสม** นิยมปลูกในประเทศที่วิทยาการทางการเกษตรเจริญมากแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดพวกนี้มีการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมไม่ดี หรือเปลี่ยนแปลงไปกับสิ่งแวดล้อม เช่น ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเพียงพอ ไม่กำจัดวัชพืช มีน้ำไม่เพียงพอ ข้าวโพดพวกนี้จะให้ผลผลิตไม่ดี นอกจากนั้น การใช้ข้าวโพดลูกผสมจะต้องซื้อเมล็ดใหม่มาปลูกทุกปี เพราะถ้าใช้เมล็ดเก่าเก็บจากไร่จะกลายพันธุ์ไป

2. **ลูกผสมปล่อย** พันธุ์ข้าวโพดชนิดนี้ หากได้รับการปรับปรุงพันธุ์อย่างดี อาจให้ผลผลิตดีไม่แพ้พันธุ์ลูกผสม นอกจากนั้นพันธุ์พวกนี้ยังปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างกว้างขวาง แม้ดินฟ้าอากาศจะเปลี่ยนแปรไป ก็ยังให้ผลผลิตพอใช้ได้ นอกจากนั้น ชาวไร่ยังสามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ต่อไปได้อีกอย่างน้อย 2 - 3 ปีพันธุ์ข้าวโพดพวกนี้ อาจแยกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1 พันธุ์ผสมรวม เป็นการรวมพันธุ์หรือสายพันธุ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน วิธีรวมง่ายๆ ก็โดยเอาเมล็ดจำนวนเท่าๆกัน จากแต่ละพันธุ์หรือสายพันธุ์มารวมกันเข้า แล้วนำไปปลูกแปลง

อิสระห่างไกลจากข้าวโพดพันธุ์อื่น ปล่อยให้ผสมกันเองตามธรรมชาติแล้วเก็บเกี่ยวเมล็ดไว้ปลูกเป็นพันธุ์ต่อไป

2.2 พันธุ์สังเคราะห์ เป็นพันธุ์ที่ได้จากการรวมสายพันธุ์ที่ได้รับการทดสอบการรวมตัวมาแล้ว วิธีการรวมสายพันธุ์อาจทำได้เช่นเดียวกับพันธุ์ผสมรวม

การปลูกพืชแบบอินทรีย์

ในอดีตที่ผ่านมา เกษตรกรไทยทำการเกษตรแบบหลากหลาย และพึ่งพิงความสมดุลตามธรรมชาติ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าคนไทยรู้จักการทำเกษตรอินทรีย์มาตั้งแต่โบราณกาลแล้ว และสามารถพึ่งตนเองในการเกษตรได้อย่างสมบูรณ์ โดยใช้ทรัพยากรในพื้นที่ และภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สะสมต่อเนื่องกันมาจนได้รับการยกย่องจากนานาชาติว่าเป็นอู่น้ำของภูมิภาค รัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาความยากจนของเกษตรกรในระดับราก การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคเกษตรในตลาดโลก และมีสาระสำคัญเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ คือ“ส่งเสริมการทำเกษตรผสมผสาน เกษตรทางเลือก และเกษตรอินทรีย์ รวมทั้งส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้แก่เกษตรกร เพื่อรองรับการเปิดตลาดเสรีสินค้าเกษตรในอนาคต และผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์และครัวโลก” ในส่วนของแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ผ่านมา ได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาการเกษตรด้วยกลยุทธ์พัฒนาการผลิตในรูปแบบเกษตรยั่งยืน ที่สามารถพัฒนาการผลิตได้ในเชิงพาณิชย์และยุทธศาสตร์การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ด้วยกลยุทธ์การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดต้นทุนการผลิตเช่นส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์และสินค้าปลอดภัยจากสารพิษแบบครบวงจร (กรมวิชาการเกษตร, มปป.)

การปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์เป็นการใช้หลักการพึ่งพิงความสมดุลตามธรรมชาติเพื่อสร้างสรรค์ให้เกิดระบบนิเวศการเกษตรที่ยั่งยืน สามารถให้ผลผลิตที่ดีอย่างต่อเนื่อง ใช้หลักการสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตรให้เกิดการผสมผสานเกื้อกูลซึ่งกันและกันอย่างเป็นองค์รวม ผลิตอาหารและปัจจัยพื้นฐานการดำรงชีพ ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ใช้ปัจจัยการผลิตที่เป็นชีวภัณฑ์ และสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต รวมทั้งสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ปฏิเสธการใช้ปัจจัยที่เป็นสารเคมีสังเคราะห์รวมทั้งพันธุ์ที่ผ่านการปรับเปลี่ยนทางพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms, GMO) (กรมวิชาการเกษตร, มปป.)

ระบบการจัดการในการปลูกพืชแบบอินทรีย์มีความแตกต่างอย่างชัดเจนจากระบบการปลูกแบบปกติทั่วไป เช่น การไม่ใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช แต่กลับมาเน้นในด้านการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดินและระบบการปลูกพืชหมุนเวียน และใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศน์เกษตร โดยการกระตุ้นภูมิคุ้มกันภายในระบบจากความหลากหลายทางชีวเกษตรแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรู (Mader, *et al*., 2002)

จากการที่การแสดงออกของลักษณะปรากฏ (phenotype) ของพืชขึ้นกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นพันธุ์พืชที่มีลักษณะที่ต้องการสำหรับการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์จึงไม่อาจพบได้ในการคัดเลือกในภายใต้สภาพระบบการปลูกโดยทั่วไป ในขณะที่พันธุ์ปลูกโดยทั่วไปซึ่งผ่านการทดสอบพันธุ์ในสภาพการปลูกทั่วไป (conventional conditions) นั้น จึงไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าพันธุ์ดังกล่าวเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับการปลูกในแบบเกษตรอินทรีย์หรือไม่ (Osman and Lammerts van Bueren, 2003)

การปลูกข้าวโพดหวานของเกษตรกรส่วนใหญ่ในปัจจุบันนิยมปลูกพันธุ์ลูกผสม (F_1 Hybrids) ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ผสมปล่อย (open cultivars) ซึ่งในหลักการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์นั้น การใช้พันธุ์ลูกผสมจะก่อให้เกิดปัญหาคือพืชมีความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อการระบาดทำลายของแมลงศัตรูและโรคพืช Alfoldi (2001) และ Verhoog *et al.(* 2003) รายงานว่าเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืชและการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชในปัจจุบันอาจไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตพืชในระบบอินทรีย์ เนื่องจากมันไม่ได้สะท้อนถึงแนวคิดที่เป็นความเป็นธรรมชาติ (naturalness)

ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่เกษตรกรจำนวนมากปลูกจำหน่ายเป็นรายได้หลักและรายได้เสริม การปลูกข้าวโพดหวานในระบบเกษตรปกติทั่วไปมีการใส่ปัจจัยการผลิตเข้าไปทุกรูปแบบ โดยเฉพาะในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น ปุ๋ยเคมี และสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งพันธุ์ปลูกที่ใช้อยู่ทั่วไปเหล่านั้นก็จะตอบสนองได้ดีต่อการใส่ปัจจัยการผลิตดังกล่าวลงไป แต่ถ้าเป็นการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์แล้ว การตอบสนองของพันธุ์พืชย่อมมีความแตกต่างไป ลักษณะที่พึงประสงค์ของพันธุ์พืชในการปลูกแบบอินทรีย์ จะมีความแตกต่างไปจากระบบการปลูกแบบทั่วไป (Lammerts van Bueren *et al*., 2002; Welsh *et al*., 2002)

สมรรถนะการรวมตัว (combining ability)

สมรรถนะการรวมตัวหมายถึง ความสามารถของแต่ละสายพันธุ์ในการให้ลูกผสมที่ดี ในการผลิตลูกผสมของพืชนั้นขั้นตอนที่จำเป็นคือการผลิตสายพันธุ์และการทดสอบสายพันธุ์ก่อนที่จะนำสายพันธุ์ที่ทดสอบแล้วไปผลิตลูกผสมสายพันธุ์ที่จะจับคู่กันต้องสามารถเข้ากันได้ดี คุณสมบัติเช่นนี้เรียกว่าสมรรถนะการรวมตัวซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (general combining ability, GCA) และ
2. สมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (specific combining ability, SCA)

Sprague and Tatum (1942) ได้ให้คำจำกัดความของ GCA ว่าเป็นค่าบอกคุณสมบัติโดยเฉลี่ยในการให้ลูกผสมของพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งเมื่อผสมกับสายพันธุ์อื่นทุกสายพันธุ์ส่วน SCA เป็นค่าบอกความดีเลวของแต่ละคู่ผสมเมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติโดยเฉลี่ยของพ่อแม่ในทางพันธุศาสตร์ถ้าไม่มีอิทธิพลของยีนต่างตำแหน่งควบคุมลักษณะนั้นแล้วสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปจะเป็นการแสดงออกของยีนแบบบวก (additive gene action) และบางส่วนของยีนแบบข่ม (dominance gene action) ส่วนสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ เป็นการแสดงออกของยีนแบบข่ม (Hayman, 1957) ในขณะที่ Gibert (1958) พบว่าถ้าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปมีค่าต่ำกว่าสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ การคาดคะเนลูกผสมโดยใช้สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปจะไม่ถูกต้องเพราะลูกผสมที่ได้จากสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงสุด 2 สายพันธุ์อาจไม่ให้ลูกผสมที่ดีที่สุด Becker (1984) เสนอว่าลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากพ่อแม่ที่มีสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงสุดถ้าสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ถ้าสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะมีความแตกต่างทางสถิติลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากพ่อแม่ที่มีสมรรถนะการรวมตัวสูงทั้ง 2 แบบ Griffing (1956) พบว่าสายพันธุ์ที่มีความแปรปรวนของสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปสูงและมีความแปรปรวนของสมรรถนะการการรวมตัวจำเพาะต่ำอาจจะให้ลูกผสมโดยทั่วไปดีกว่าสายพันธุ์ที่มีทั้งความแปรปรวนของสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะสูงทั้งยังเหมาะในการสร้างพันธุ์สังเคราะห์มากกว่าด้วย แต่พันธุ์ที่มีความแปรปรวนของสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะสูงเมื่อผสมกับคู่ผสมที่เหมาะสมจะให้ลูกผสมที่ดี ดังนั้นค่าสมรรถนะการรวมตัวทั้งสองประเภทนี้จึงมีประโยชน์ใช้ทดสอบพันธุ์/สายพันธุ์ที่นำมาจับคู่กันว่าเข้ากันได้ดีหรือไม่เพียงใดก่อนจะนำไปผลิตลูกผสม

แผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (diallel cross)

แผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ โดยศึกษาข้อมูลการถ่ายทอดทางพันธุ์กรรมในรูปแบบของค่าสมรรถนะการรวมตัวทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการรวมตัวจำเพาะ (SCA) ซึ่งเป็นลักษณะของพืชที่มีการถ่ายทอดที่ซับซ้อนและเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Hayman, 1954b; Griffing, 1956; Zhang *et al*., 2005a) การวิเคราะห์ลูกผสมที่ได้จากการผสมแบบพบกันหมดสามารถใช้ได้ทั้งแบบหุ่นคงที่ (fixed model) หรือแบบหุ่นไม่คงที่ (random model) ถ้าสนใจชุดของพ่อแม่ที่เจาะจงควรใช้วิธีวิเคราะห์แบบหุ่นคงที่ (Gardner and Eberhart, 1966) Griffing (1956) เสนอว่าควรใช้แบบหุ่นคงที่เมื่อต้องการเปรียบเทียบสมรรถนะการผสมของพ่อแม่ที่ใช้ในการทดลองส่วนหุ่นแบบไม่คงที่นั้นใช้เมื่อพ่อแม่เป็นตัวอย่างจากประชากรและใช้วิเคราะห์ความผันแปรทางพันธุกรรม

โปรแกรมปรับปรุงพันธุ์พืชจำนวนมากมีการใช้แผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด เนื่องจากเป็นแผนและการวิเคราะห์ที่ให้ข้อมูลทางพันธุกรรมของลักษณะทางปริมาณที่มีประโยชน์ต่อนักปรับปรุงพันธุ์ (Viena *at al*., 2001) ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการควบคุมทางพันธุกรรมของลักษณะและบทบาทของปฏิกิริยาของยีนต่างตำแหน่ง (non-allelic interaction) มีความสำคัญต่อนักปรับปรุงพันธุ์ในการตัดสินใจใช้วิธีการคัดเลือกและวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสม (Esmail, 2007) แผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมดสามารถนำมาศึกษาได้ทั้งผลของความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) ผลเนื่องจากการผสมพันธุ์สลับพ่อแม่และอิทธิพลของฝ่ายแม่ (reciprocal and maternal effect) สมรรถนะในการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) และสมรรถนะในการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) (Glover et al., 2005) และยังสามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าขององค์ประกอบทางพันธุกรรม (genetic components) ของสายพันธุ์พ่อแม่ที่สุ่มมาจากประชากรได้ ส่วนการประมาณค่าผลของ GCA และ SCA ของลักษณะยังเป็นวิธีการที่สำคัญในการประมาณค่าผลของยีนแบบบวกและยีนที่ไม่เป็นแบบบวก (additive and non-additive gene action) (Griffing, 1956)

Griffing (1956) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ในการผสมพันธุ์แบบพบกันหมดของสายพันธุ์พ่อแม่ จำนวน 4 วิธีการด้วยกัน โดยมีสายพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. Method 1 ประกอบด้วยสายพันธุ์พ่อแม่ (n), ลูกผสมตรง [n(n-1)/2] และลูกผสมสลับ [n(n-1)/2] ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ n^2

2. Method 2 ประกอบด้วยสายพันธุ์พ่อแม่ (n) และลูกผสมตรง [n(n-1)/2] ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ n(n+1)/2

3. Method 3 ประกอบด้วยลูกผสมตรง [n(n-1)/2] และลูกผสมสลับ [n(n-1)/2] ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ n(n-1)

4. Method 4 ประกอบด้วยลูกผสมตรง [n(n-1)/2] อย่างเดียว ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ n(n-1)/2

โดยที่แบบหุ่นหรือโมเดล (model) ในการวิเคราะห์ มี 2 รูปแบบคือ

(1) แบบหุ่นคงที่ (fixed model or medel I) ในการวิเคราะห์หาสมรรถนะในการผสมทั่วไปและสมรรถนะในการผสมเฉพาะ (gca และ sca)

(2) แบบหุ่นสุ่ม (random model or model II) ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินผลของความแปรปรวนทางพันธุกรรม

Hallauer and Miranda (1988) กล่าวไว้ว่า ในแบบหุ่นคงที่นั้นสายพันธุ์พ่อแม่ถือว่าเป็นประชากร ในขณะที่ในแบบหุ่นสุ่ม สายพันธุ์พ่อแม่จะเป็นตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากร ซึ่งความแตกต่างระหว่าง 2 แบบหุ่นนี้มีความสำคัญทั้งต่อในวิธีการวิเคราะห์และการแปรผลจากการวิเคราะห์ โดยที่จากการที่สายพันธุ์พ่อแม่เป็นประชากรในแบบหุ่นที่ 1 นั้น ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมในการที่จะนำมาประมาณค่าหาองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม แต่เหมาะสมที่จะนำมาประมาณหาค่า GCA และ SCA เพื่อหาสายพันธุ์พ่อแม่และคู่สายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสม ซึ่งมีสมรรถนะในการผสมทั่วไปและสมรรถนะในการผสมเฉพาะสูง ส่วนในแบบหุ่นที่ 2 มีความเหมาะสมในการนำมาประมาณค่าหาองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมคู่ 10 คู่ผสม ได้แก่ ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3, ทอปสวีท801 x ออโรร่า, ทอปสวีท801 x ชูการ์75, ทอปสวีท801 x อินทรีย์2, ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า, ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75, ไฮบริกซ์3 x อินทรีย์2, ออโรร่า x ชูการ์75, ออโรร่า x อินทรีย์2 และ ชูการ์75 x อินทรีย์2

2. ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอกมูลโค)

3. อุปกรณ์ในการวัดและบันทึกข้อมูล มีดังนี้

- เครื่องชั่ง
- ตลับเมตร
- เครื่องวัดความหวาน (Hand Refractometer)
- เครื่องมือบันทึกข้อมูล

วิธีการ

1. การเตรียมแปลงปลูก เตรียมแปลงปลูกจำนวน 30 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 3 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 50 เซนติเมตร ระยะปลูก 25 × 75 เซนติเมตร (ระยะต้น × ระยะแถว) แต่ละแปลงย่อยปลูก 2 แถว จำนวน 24 หลุมต่อแปลงย่อย

2. การปลูก ก่อนปลูกทำการผสมปุ๋ยอินทรีย์ (มูลโค) คลุกเคล้ากับดินในแปลงปลูกจำนวน 13.5 ตันต่อไร่ (ใส่ 3 กระสอบต่อแปลงย่อย) ขุดหลุมปลูกลึกประมาณ 7 ถึง 8 เซนติเมตร หยอดเมล็ดข้าวโพดหลุมละ 2 - 3 เมล็ด จากนั้นกลบเมล็ดลึกประมาณ 3 เซนติเมตร แล้วรดน้ำตามให้ชุ่ม

3. การดูแลรักษา

3.1 การให้น้ำในช่วงระยะแรกจะให้ทุกวัน วันละ 1 ครั้ง เมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน จะให้น้ำวันเว้นวัน

3.2 การให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลโค) ครั้งเดียวตอนเตรียมแปลงปลูก

3.3 การกำจัดวัชพืช กำจัดวัชพืชสองครั้ง ครั้งแรกเมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน พร้อมกับพรวนดินและถอนแยกกล้าไว้ 1 ต้นต่อหลุม ครั้งที่สองเมื่อข้าวโพดอายุ 45 วันพร้อมการพูนโคนต้น

3.4 การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวหลังข้าวโพดออกไหมประมาณ 20 วัน

4. การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 10 ทรีตเมนต์ และ 3 ซ้ำ โดยมีวิธีการปลูกและดูแลรักษาในแต่ละการทดลองดังต่อไปนี้

5. การบันทึกข้อมูล

1. ความสูงต้นที่อายุเก็บเกี่ยว (73 วัน) (เซนติเมตร)
2. ความสูงฝักแรก (เซนติเมตร)
3. เส้นผ่านศูนย์กลางต้น (เซนติเมตร)
4. ความยาวฝัก (เซนติเมตร)
5. ความยาวปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด (เซนติเมตร)
6. เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก (เซนติเมตร)
7. จำนวนแถวเมล็ดต่อฝัก (แถว)
8. จำนวนเมล็ดต่อแถว เมล็ด)
9. ค่าความหวาน (องศาบริกซ์)
10. น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก (กรัม)
11. น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก (กรัม)
12. ผลผลิตฝักก่อนปอกเปลือกต่อไร่ (กิโลกรัม)
13. ผลผลิตฝักหลังปอกเปลือกต่อไร่ (กิโลกรัม)

หมายเหตุ

- การคำนวณผลผลิตต่อไร่ = $\frac{\text{ผลผลิตต่อแปลงย่อย (กิโลกรัม)} \times 1{,}600 \text{ ตารางเมตร}}{4.5 \text{ ตารางเมตร (พื้นที่แปลงย่อยรวมระยะระหว่างแปลง)}}$

= ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)

- สุ่มเก็บข้าวโพดแปลงย่อยแปลงละ 10 ต้นต่อหน่วยทดลอง (แปลงย่อย) สำหรับการวัดข้อมูลในข้อที่ 1 - 11

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

6.2 การวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม วิเคราะห์ตามวิธีการ Griffing's method 4 (fixed model) โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ diallel ของ Zhang (2005)

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ บริเวณแปลงพืชผัก สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการปลูกทดลองทดสอบลูกผสมในแปลงปลูกจากเดือนมกราคม – เมษายน 2556

ผลการทดลอง

การศึกษาสมรรถนะการผสมของข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ โดยผสมกันแบบพบกันหมดตามวิธีการ Griffing's method 4 (fixed model) นำลูกผสมคู่จำนวน 10 คู่ผสม ได้แก่ ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3, ทอปสวีท801 x ออโรร่า, ทอปสวีท801 x ซูการ์75, ทอปสวีท801 x อินทรีย์2, ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า, ไฮบริกซ์3 x ซูการ์75, ไฮบริกซ์3 x อินทรีย์2, ออโรร่า x ซูการ์75, ออโรร่า x อินทรีย์2 และ ซูการ์75 x อินทรีย์2 มาปลูกทดสอบในสภาพแปลงปลูกที่ไม่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี ได้ผลการทดลองดังนี้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติและการเปรียบเทียบลูกผสมคู่

ความสูงต้น ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ลูกผสมที่มีแนวโน้มให้ความสูงต้นมากที่สุดและน้อยที่สุดคือ ซูการ์75 x อินทรีย์2 และ ไฮบริกซ์3 x อินทรีย์2 (167.37 และ 146.80 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 1)

ความสูงฝักแรก ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ลูกผสมที่มีแนวโน้มให้ความสูงต้นมากที่สุดและน้อยที่สุดคือ ทอปสวีท801 x อินทรีย์2 และ ทอปสวีท801 x ซูการ์75 (89.17 และ 62.73 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 1)

เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ลูกผสมที่มีแนวโน้มให้ความสูงต้นมากที่สุดและน้อยที่สุดคือ ไฮบริกซ์3 x ซูการ์75 และ ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 (2.15 และ 1.73 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 1)

ความกว้างฝัก มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยที่ลูกผสม ไฮบริกซ์3 x ซูการ์75, ทอปสวีท801 x ออโรร่า, ไฮบริกซ์3 x อินทรีย์2 และ ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า มีความกว้างฝักมากเป็นอันดับที่ 1-4 (4.65, 4.53, 4.53 และ 4.52 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยที่ลูกผสม ออโรร่า x อินทรีย์2 มีความกว้างฝักอยู่ในอันดับท้ายสุด คือ 4.25 เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

ความยาวฝัก มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) โดยที่ลูกผสม ซูการ์75 x อินทรีย์2, ทอปสวีท801 x ซูการ์75, ทอปสวีท801 x อินทรีย์2 และ ทอปสวีท801 x ออโรร่า มีความยาวฝัก

มากเป็นอันดับที่ 1-4 (20.87, 20.57, 20.30 และ 19.97 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยที่ลูกผสม ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 มีความยาวฝักอยู่ในอันดับท้ายสุด คือ 18.07 เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

ความยาวปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ลูกผสมที่มีแนวโน้มมีความยาวปลายฝักมากที่สุดและน้อยที่สุดคือ ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 และ ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75 (3.50 และ 2.33 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 2)

จำนวนเมล็ดต่อแถว มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) โดยที่ลูกผสม ชูการ์75 x อินทรีย์2, ออโรร่า x ชูการ์75, ทอปสวีท801 x ชูการ์75 และ ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75 มีจำนวนเมล็ดต่อแถวมากเป็นอันดับที่ 1-4 (39.60, 38.63, 38.13 และ 37.50 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยที่ลูกผสม ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 มีจำนวนเมล็ดต่อแถวอยู่ในอันดับท้ายสุด คือ 29.30 เมล็ด (ตารางที่ 3)

ค่าความหวานของเมล็ด (total soluble solid) มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) โดยที่ลูกผสม ชูการ์75 x อินทรีย์2, ออโรร่า x ชูการ์75, ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 และ ทอปสวีท801 x อินทรีย์2 มีค่าความหวานของเมล็ดมากเป็นอันดับที่ 1-4 (11.75, 11.34, 11.29 และ 11.09 องศาบริกซ์ ตามลำดับ) โดยที่ลูกผสม ทอปสวีท801 x ชูการ์75 มีค่าความหวานของเมล็ดอยู่ในอันดับท้ายสุด คือ 9.38 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 3)

น้ำหนักฝักทั้งเปลือก ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยที่ลูกผสมที่มีแนวโน้มให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกมากที่สุดและรองลงมาได้แก่ ทอปสวีท801 x ชูการ์75, ชูการ์75 x อินทรีย์2 และ ทอปสวีท801 x ออโรร่า (358.7, 358 และ 339.3 กรัม ตามลำดับ) และลูกผสม ทอปสวีท 801 x ไฮบริกซ์3 มีแนวโน้มให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกน้อยที่สุดคือ 247.7 กรัม (ตารางที่ 3)

น้ำหนักฝักปอกเปลือก มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) โดยที่ลูกผสม ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75, ชูการ์75 x อินทรีย์2, ทอปสวีท801 x ชูการ์75 และ ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า มีน้ำหนักฝักปอกเปลือกมากเป็นอันดับที่ 1-4 (259.7, 250.7, 245.7 และ 236.7 กรัม ตามลำดับ) โดยที่ลูกผสม ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 มีน้ำหนักฝักปอกเปลือกอยู่ในอันดับท้ายสุด คือ 182.3 กรัม (ตารางที่ 4)

ผลผลิตฝักทั้งเปลือก มีความแตกต่างกัน (*P < 0.05*) โดยที่ลูกผสม ทอปสวีท801 x อินทรีย์2, ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า, ชูการ์75 x อินทรีย์2 และ ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75 มีผลผลิตฝักทั้งเปลือกมากเป็นอันดับที่ 1-4 (2,684, 2,681, 2,536 และ 2,470 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) โดยที่ลูกผสม ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 มีผลผลิตฝักทั้งเปลือกอยู่ในอันดับท้ายสุด คือ 1,787 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 4)

ผลผลิตฝักปอกเปลือก มีความแตกต่างกัน (*P < 0.05*) โดยที่ลูกผสม ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75, ชูการ์75 x อินทรีย์2, ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า และ ทอปสวีท801 x ออโรร่า มีผลผลิตฝักปอกเปลือกมากเป็นอันดับที่ 1-4 (1,729, 1,620, 1,583 และ 1,577 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) โดยที่ลูกผสม ทอปสวีท801 x ไฮบริกซ์3 มีน้ำหนักฝักปอกเปลือกอยู่ในอันดับท้ายสุด คือ 1,237 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 4)

การวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าลักษณะที่ศึกษามีนัยสำคัญจำนวน 7 ลักษณะ ได้แก่ ความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว ค่าความหวานของเมล็ด น้ำหนักฝักปอกเปลือก ผลผลิตฝักทั้งเปลือก และผลผลิตฝักปอกเปลือก ดังนั้นจึงนำ 7 ลักษณะดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมเพื่อศึกษาถึงสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมทั้ง 5 พันธุ์ดังกล่าว ได้ผลดังต่อไปนี้

สมรรถนะการผสมทั่วไปมีนัยสำคัญในลักษณะความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว ค่าความหวานของเมล็ด และน้ำหนักฝักปอกเปลือก และไม่มีนัยสำคัญในลักษณะผลผลิตฝักทั้งเปลือก และผลผลิตฝักปอกเปลือก (ตารางที่ 5 และ 6)

สมรรถนะการผสมเฉพาะมีนัยสำคัญในลักษณะความกว้างฝัก ความยาวฝัก ค่าความหวานของเมล็ด น้ำหนักฝักปอกเปลือก ผลผลิตฝักทั้งเปลือก และผลผลิตฝักปอกเปลือก และไม่มีนัยสำคัญในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อแถว (ตารางที่ 5 และ 6)

ความสำคัญของ GCA เมื่อเทียบกับ SCA (The relative importance of GCA vs. SCA) พบว่า GCA vs. SCA มีค่าต่ำในลักษณะค่าความหวานของเมล็ด ผลผลิตฝักทั้งเปลือก และ

ผลผลิตฝักปอกเปลือก มีค่าปานกลางในลักษณะความกว้างฝัก และน้ำหนักฝักปอกเปลือก และมีค่าสูงในลักษณะความยาวฝัก และจำนวนเมล็ดต่อแถว (ตารางที่ 5 และ 6)

สมรรถนะการผสมทั่วไปของพันธุ์พ่อแม่และสมรรถนะการผสมเฉพาะของคู่ผสม

ความกว้างฝัก พันธุ์ไฮบริกซ์3 เป็นพันธุ์เดียวที่มีนัยสำคัญของสมรรถนะการผสมทั่วไปในทางบวก (g_i = 0.1111 เซนติเมตร, $P < 0.01$) ในขณะที่พันธุ์อื่นๆ ไม่มีนัยสำคัญ คู่ผสม ทอปสวีท801 x ออโรร่า เพียงคู่เดียวที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะในทางบวกและมีนัยสำคัญ (s_{ij} = 0.1806 เซนติเมตร, $P < 0.01$) แสดงว่าคู่ผสมดังกล่าวเป็นคู่ที่เหมาะสมที่ให้ลูกผสมที่มีความกว้างฝักมาก (ตารางที่ 7)

ความยาวฝัก พันธุ์ชูการ์75 และพันธุ์อินทรีย์2 เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปเป็นค่าบวกและมีนัยสำคัญ (g_i = 0.5711 เซนติเมตร, $P < 0.01$ และ g_i = 0.4600 เซนติเมตร, $P < 0.05$ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมเฉพาะ พบว่าไม่มีคู่ผสมใดที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมที่มีนัยสำคัญในทางบวก (ตารางที่ 8) อย่างไรก็ตาม จากการที่ความสำคัญของ GCA เมื่อเทียบกับ SCA มีค่าสูง (0.7638, ตารางที่ 5) ดังนั้นการเลือกคู่ผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ลูกผสมที่ดีจึงสามารถพิจารณาจากพันธุ์ที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง ซึ่งได้แก่พันธุ์ชูการ์75 และพันธุ์อินทรีย์2

จำนวนเมล็ดต่อแถว พันธุ์ชูการ์75 และพันธุ์อินทรีย์2 เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปเป็นค่าบวกและมีนัยสำคัญ (g_i = 3.4667 เมล็ด, $P < 0.01$ และ g_i = 1.1889 เมล็ด, $P < 0.05$ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมเฉพาะ พบว่าไม่มีคู่ผสมใดที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมที่มีนัยสำคัญในทางบวก (ตารางที่ 9) อย่างไรก็ตาม จากการที่ความสำคัญของ GCA เมื่อเทียบกับ SCA มีค่าสูง (0.9307, ตารางที่ 5) ดังนั้นการเลือกคู่ผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ลูกผสมที่ดีจึงสามารถพิจารณาจากพันธุ์ที่มีค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูง ซึ่งได้แก่พันธุ์ชูการ์75 และพันธุ์อินทรีย์2

ค่าความหวานของเมล็ด พันธุ์ชูการ์75 และพันธุ์อินทรีย์2 เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปเป็นค่าบวกและมีนัยสำคัญ (g_i = 0.2631 องศาบริกซ์, $P < 0.01$ และ g_i = 0.1664 องศาบริกซ์, $P < 0.01$ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมเฉพาะ พบว่าคู่ผสม ทอปสวีท 801 x ไฮบริกซ์3, ออโรร่า x ชูการ์75 และ ชูการ์75 x อินทรีย์2 มีสมรรถนะการผสมเฉพาะมีนัยสำคัญในทางบวกสูงเป็นอันดับที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

น้ำหนักฝักปอกเปลือก พันธุ์ชูการ์75 เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงที่มีเป็นค่าบวกและมีนัยสำคัญ (g_i = 20.0222 กรัม, $P < 0.01$) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมเฉพาะ พบว่าคู่ผสม ทอปสวีท801 x ออโรร่า และ ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75 มีสมรรถนะการผสมเฉพาะมีนัยสำคัญในทางบวกสูงเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ผลผลิตฝักทั้งเปลือก สมรรถนะการผสมทั่วไปของทุกพันธุ์ในลักษณะนี้มีค่าไม่ต่างจากศูนย์ ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมเฉพาะ พบว่ามีคู่ผสม ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า และ ทอปสวีท801 x อินทรีย์2 มีสมรรถนะการผสมเฉพาะมีนัยสำคัญในทางบวกสูงเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในขณะที่คู่ผสมอื่นๆ มีนัยสำคัญในทางลบ หรือไม่มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 12)

ผลผลิตฝักปอกเปลือก สมรรถนะการผสมทั่วไปของทุกพันธุ์ในลักษณะผลผลิตฝักปอกเปลือกมีค่าไม่ต่างจากศูนย์ ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมเฉพาะ พบว่ามีคู่ผสม ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75 และ ทอปสวีท801 x อินทรีย์2 มีสมรรถนะการผสมเฉพาะมีนัยสำคัญในทางบวกสูงเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในขณะที่คู่ผสมอื่นๆ มีนัยสำคัญในทางลบ หรือไม่มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 13)

Table 1 Plant height, ear height and stem diameter of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Crosses	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Stem diameter (cm)
Topsweet 801 x Hibrix 3	138.87	68.00	1.73
Topsweet 801 x Aurora	157.03	69.30	2.07
Topsweet 801 x Sugar 75	166.67	62.73	2.05
Topsweet 801 x Insee 2	164.00	89.17	1.98
Hibrix 3 x Aurora	157.97	69.83	2.00
Hibrix 3 x Sugar 75	163.33	70.87	2.15
Hibrix 3 x Insee 2	146.80	77.70	1.92
Aurora x Sugar 75	159.37	75.87	2.03
Aurora x Insee 2	162.17	81.33	2.07
Sugar 75 x Insee 2	167.37	74.17	2.10
F-test	ns	ns	ns
CV. (%)	8.67	14.58	6.87

ns = not significant.

Table 2 Ear width, ear length and ear tip length of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Crosses	Ear width (cm)	Ear length (cm)	Ear tip length (cm)
Topsweet 801 x Hibrix 3	4.40 bcd	18.07 d	3.50
Topsweet 801 x Aurora	4.53 ab	19.97 abc	2.83
Topsweet 801 x Sugar 75	4.45 abcd	20.57 ab	2.87
Topsweet 801 x Insee 2	4.28 cd	20.30 abc	2.60
Hibrix 3 x Aurora	4.52 abc	19.30 c	3.00
Hibrix 3 x Sugar 75	4.65 a	19.70 bc	2.33
Hibrix 3 x Insee 2	4.53 ab	19.47 bc	3.07
Aurora x Sugar 75	4.30 bcd	19.70 bc	2.93
Aurora x Insee 2	4.25 d	19.87 abc	3.25
Sugar 75 x Insee 2	4.50 abc	20.87 a	2.90
F-test	*	**	ns
CV. (%)	2.80	2.87	12.92

ns, * and ** = not significant, significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $DMRT_{0.05}$

Table 3 Kernels per ear row, kernel sweetness (total soluble solid) and un-husked ear weight of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Crosses	Kernels per ear row (kernels)	Kernel sweetness (°Brix)	Un-husked ear weight (g)
Topsweet 801 x Hibrix 3	29.30 e	11.29 b	247.7
Topsweet 801 x Aurora	34.57 cd	9.67 de	339.3
Topsweet 801 x Sugar 75	38.13 abc	9.38 e	358.7
Topsweet 801 x Insee 2	35.63 bcd	11.09 b	301.0
Hibrix 3 x Aurora	33.50 d	10.42 c	337.3
Hibrix 3 x Sugar 75	37.50 abc	10.17 c	338.0
Hibrix 3 x Insee 2	34.60 cd	9.84 d	303.7
Aurora x Sugar 75	38.63 ab	11.34 b	304.0
Aurora x Insee 2	37.20 abc	9.67 de	309.3
Sugar 75 x Insee 2	39.60 a	11.75 a	358.0
F-test	**	**	ns
CV. (%)	5.39	1.69	12.46

ns and ** = not significant and significant at $P < 0.01$, respectively.

Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $DMRT_{0.05}$

Table 4 Husked ear weight of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Crosses	Husked ear weight (g)	Un-husked ear yield (kg/rai)	Husked ear yield (kg/rai)
Topsweet 801 x Hibrix 3	182.3 e	1,787 c	1,237 c
Topsweet 801 x Aurora	228.3 abcd	2,411 ab	1,577 ab
Topsweet 801 x Sugar 75	245.7 abc	2,413 ab	1,574 ab
Topsweet 801 x Insee 2	212.0 cde	2,684 a	1,737 a
Hibrix 3 x Aurora	236.7 abcd	2,681 a	1,583 ab
Hibrix 3 x Sugar 75	259.7 a	2,470 ab	1,729 ab
Hibrix 3 x Insee 2	222.7 bcd	2,299 ab	1,517 abc
Aurora x Sugar 75	209.7 de	2,119 bc	1,420 bc
Aurora x Insee 2	216.3 cd	2,252 abc	1,483 abc
Sugar 75 x Insee 2	250.7 ab	2,536 ab	1,620 ab
F-test	**	*	*
CV. (%)	7.90	11.14	10.40

* and ** = significant and significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $DMRT_{0.05}$

Table 5 Mean squares from the analysis of variance and the diallel analysis for general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects for ear width, ear length, kernels per row and kernel sweetness of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Sources	df	Mean squares			
		Ear width	Ear length	Kernels per ear row	Kernel sweetness
Blocks	2	0.0243^{NS}	0.3000^{NS}	3.3703^{NS}	0.0261^{NS}
Crosses	9	0.0509*	1.7964**	27.7489**	2.1369**
GCA	4	0.0517*	2.9153**	57.1211**	0.4046**
SCA	5	0.0504*	0.9013*	4.2511^{NS}	3.5226**
Error	18	0.0154	0.3233	3.7426	0.0313
C.V. (%)		2.7980	2.8747	5.3938	1.6911
GCA vs. SCA ^{Z}		0.5064	0.7638	0.9307	0.1030

^{Z} The relative importance of GCA vs. SCA = GCA/(GCA + SCA)

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 6 Mean squares from the analysis of variance and the diallel analysis for general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects for husked ear weight, un-husked ear yield and husked ear yield of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Sources	df	Mean squares		
		Husked ear weight	Un-husked ear yield	Husked ear yield
Blocks	2	398.1000^{NS}	20,826.4330^{NS}	21,557.6333^{NS}
Crosses	9	1,573.4667**	219,406.7260*	64,844.1481*
GCA	4	1,310.9100*	45,046.3000^{NS}	21,657.7200^{NS}
SCA	5	1,783.5100**	358,895.0700**	99,393.2900*
Error	18	320.2111	69,384.2480	25,898.3370
C.V. (%)		7.9039	11.1365	10.3982
GCA vs. SCA ^{Z}		0.4263	0.1115	0.1789

^{Z} The relative importance of GCA vs. SCA = GCA/(GCA + SCA)

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 7 Estimates of general combining ability (g_i) (diagonal) and specific combining ability (s_{ij}) (upper diagonal) for ear width of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Varieties	Topsweet 801	Hybirx 3	Aurora	Sugar 75	Insee 2
Topsweet 801	-0.0333^{NS}	-0.1194*	0.1806**	-0.0028^{NS}	-0.0583^{NS}
Hybirx 3		0.1111**	0.0194^{NS}	0.0528^{NS}	0.0472^{NS}
Aurora			-0.0556^{NS}	-0.1306*	-0.0694^{NS}
Sugar 75				0.0444^{NS}	0.0806^{NS}
Insee 2					-0.0667^{NS}

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 8 Estimates of general combining ability (g_i) (diagonal) and specific combining ability (s_{ij}) (upper diagonal) for ear length of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Varieties	Topsweet 801	Hybirx 3	Aurora	Sugar 75	Insee 2
Topsweet 801	-0.0733^{NS}	-0.7778**	0.3556^{NS}	0.2889^{NS}	0.1333^{NS}
Hybirx 3		-0.8622**	0.4778^{NS}	0.2111^{NS}	0.0889^{NS}
Aurora			-0.0956^{NS}	-0.5556*	-0.2778^{NS}
Sugar 75				0.5711**	0.0556^{NS}
Insee 2					0.4600*

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 9 Estimates of general combining ability (g_i) (diagonal) and specific combining ability (s_{ij}) (upper diagonal) for kernels per ear row of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Varieties	Topsweet 801	Hybirx 3	Aurora	Sugar 75	Insee 2
Topsweet 801	-1.9444**	-1.7667*	0.5000^{NS}	0.7444^{NS}	0.5222^{NS}
Hybirx 3		-2.8556**	0.3444^{NS}	1.0222^{NS}	0.4000^{NS}
Aurora			0.1444^{NS}	-0.8444^{NS}	0.0000^{NS}
Sugar 75				3.4667**	-0.9222^{NS}
Insee 2					1.1889*

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 10 Estimates of general combining ability (g_i) (diagonal) and specific combining ability (s_{ij}) (upper diagonal) for kernel sweetness of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Varieties	Topsweet 801	Hybirx 3	Aurora	Sugar 75	Insee 2
Topsweet 801	-0.1380*	1.0128**	-0.4039**	-1.2061**	0.5972**
Hybirx 3		-0.0424^{NS}	0.2506**	-0.5150**	-0.7483**
Aurora			-0.2491**	0.8617**	-0.7083**
Sugar 75				0.2631**	0.8594**
Insee 2					0.1664**

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 11 Estimates of general combining ability (g_i) (diagonal) and specific combining ability (s_{ij}) (upper diagonal) for husked ear weight of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Varieties	Topsweet 801	Hybirx 3	Aurora	Sugar 75	Insee 2
Topsweet 801	-12.4222*	-30.2222**	19.2222*	11.6667^{NS}	-0.6667^{NS}
Hybirx 3		-1.4222^{NS}	16.5556*	14.6667^{NS}	-1.0000^{NS}
Aurora			-4.8667^{NS}	-31.8889**	-3.8889^{NS}
Sugar 75				20.0222**	5.5556^{NS}
Insee 2					-1.3111^{NS}

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 12 Estimates of general combining ability (g_i) (diagonal) and specific combining ability (s_{ij}) (upper diagonal) for un-husked ear yield of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Varieties	Topsweet 801	Hybirx 3	Aurora	Sugar 75	Insee 2
Topsweet 801	-55.47^{NS}	-448.33**	100.56^{NS}	77.22^{NS}	270.56*
Hybirx 3		-74.80^{NS}	389.56**	153.89^{NS}	-95.11^{NS}
Aurora			0.98^{NS}	-272.89*	-217.22^{NS}
Sugar 75				25.98^{NS}	41.78^{NS}
Insee 2					103.31^{NS}

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

Table 13 Estimates of general combining ability (g_i) (diagonal) and specific combining ability (s_{ij}) (upper diagonal) for husked ear yield of 10 super sweet corn double crosses planted under non-chemical fertilizer system.

Varieties	Topsweet 801	Hybirx 3	Aurora	Sugar 75	Insee 2
Topsweet 801	-21.89^{NS}	-247.11**	93.56^{NS}	-2.33^{NS}	155.89*
Hybirx 3		-41.33^{NS}	119.67^{NS}	172.11*	-44.67^{NS}
Aurora			-42.67^{NS}	-135.89*	-77.33^{NS}
Sugar 75				50.56^{NS}	-33.89^{NS}
Insee 2					55.33^{NS}

^{NS} = Not significant.

* and ** = Significant at $P < 0.05$ and 0.01, respectively.

วิจารณ์

จากการศึกษาสมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ของข้าวโพดหวานลูกผสม 5 พันธุ์ ในสภาพการปลูกแบบอินทรีย์ (ไม่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี) โดยใช้วิธีการของ Griffing (Griffing's method 4, fixed model) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ศึกษากับสายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม หากเมื่อพิจารณาจากยีนเพียง 1 ตำแหน่งแล้ว GCA เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่ที่แตกต่างจากผลเฉลี่ยของการแทนที่ด้วยอัลลีล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับผลของยีนแบบบวกเมื่อพันธุ์พ่อแม่มีความถี่ของยีนเท่ากับ 0.5 (Hallaure and Miranda, 1988) ดังนั้นจากการทดลองนี้พ่อแม่เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ซึ่งก็มีความถี่ของยีนในตำแหน่งต่างๆ เท่ากับ 0.5 การประมาณค่า GCA จึงเป็นการประมาณค่าโดยตรงของปฏิกิริยาของยีนยีนแบบผลบวก (non-additive gene action) ในขณะที่ SCA เป็นค่าที่แสดงถึงปฏิกิริยาของยีนส่วนใหญ่ที่เป็นผลบวก (non-additive gene action) ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของยีนแบบข่ม (dominant gene action) และแบบข่มข้ามคู่ (epistasis gene action) โดยทั่วไปแล้วพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่มี GCA สูงจึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นพันธุ์สังเคราะห์ (synthetic variety) ส่วนพันธุ์หรือสายพันธุ์คู่ใดที่มี SCA สูง จะเหมาะสมสำหรับใช้เป็นพ่อแม่ในการสร้างลูกผสม (ธานี, 2556)

จากผลการศึกษาเมื่อนำลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติมาวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม พบว่า ลักษณะที่ทั้ง GCA และ SCA มีนัยสำคัญ ได้แก่ลักษณะความกว้างฝัก ความยาวฝัก ค่าความหวานของเมล็ด และน้ำหนักฝักปอกเปลือก ในกรณีนี้ Baker (1978) ได้สรุปว่าถ้าหากทั้ง GCA และ SCA มีนัยสำคัญ การใช้อัตราส่วนของ GCA/(GCA + SCA) จะเหมาะสมในการประมาณค่าความสำคัญของ GCA หรือ SCA ว่าอย่างใดมีความสำคัญมากกว่ากัน โดยที่ถ้าหากอัตราส่วนดังกล่าวยิ่งใกล้เคียง 1 มากขึ้นเท่าไร แสดงว่า GCA มีบทบาทต่อลักษณะมากขึ้นเท่านั้น โดยที่ GCA ถูกพิจารณาว่ามีบทบาทหรือมีความสำคัญต่อลักษณะมากกว่า SCA ถ้าหากว่าอัตราส่วนดังกล่าวมากกว่า 0.75 (Lopez-Sese and Staub, 2002) ดังนั้นในการศึกษานี้พบว่า GCA มีความสำคัญมากกว่า SCA ในลักษณะความยาวฝัก (GCA/(GCA + SCA) = 0.76) ซึ่งทั้ง GCA และ SCA ต่างก็มีนัยสำคัญ ส่วนในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อแถวนั้น GCA มีความสำคัญมากกว่า เนื่องจาก SCA ไม่มีนัยสำคัญ (มีอัตราส่วน GCA/(GCA + SCA) = 0.93) โดยในลักษณะความยาวฝักเมื่อพิจารณาค่า g_i ของพันธุ์พ่อแม่ และค่า s_{ij} ของลูกผสม ก็พบว่าไม่มีคู่ผสมคู่ใดที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะที่มีนัยสำคัญในทางบวก แต่เมื่อพิจารณาค่าสมรรถนะ

ในการผสมทั่วไป พบว่ามีเพียงพันธุ์ชูการ์75 และพันธุ์อินทรีย์2 มีค่าสมรรถนะในการผสมทั่วไปที่มีนัยสำคัญในทางบวก (ตารางที่ 8) ในกรณีที่ SCA ไม่มีนัยสำคัญ และ GCA มีนัยสำคัญ จึงสามารถพิจารณาพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตลูกผสมได้จากพันธุ์ที่มีค่า GCA สูง (Becker, 1984) ดังนั้นคู่ผสมพันธุ์ชูการ์75 และพันธุ์อินทรีย์2 จึงเป็นคู่ผสมที่ให้ลูกผสมคู่ที่ให้ความยาวฝักสูง ซึ่งสอดคล้องกับการแสดงออกของคู่ผสมดังกล่าว (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับลักษณะจำนวนเมล็ดต่อแถว (ตารางที่ 3 และ 9)

ลักษณะที่ SCA มีความสำคัญมากกว่า GCA ได้แก่ลักษณะความกว้างฝัก ค่าความหวานของเมล็ด น้ำหนักฝักปอกเปลือก ผลผลิตฝักทั้งเปลือก และผลผลิตฝักปอกเปลือก จากลักษณะดังกล่าวเมื่อพิจารณาคู่ผสมที่ให้ค่า SCA ในทางบวกสูงของแต่ละลักษณะดังนี้ ลักษณะความกว้างฝักได้แก่คู่ผสม ทอปสวีท801 x ออโรร่า ค่าความหวานของเมล็ดได้แก่คู่ผสม ทอปสวีท 801 x ไฮบริกซ์3 และชูการ์75 x อินทรีย์2 น้ำหนักฝักปอกเปลือกได้แก่คู่ผสม ทอปสวีท801 x ออโรร่า และไฮบริกซ์3 x ออโรร่า ผลผลิตฝักทั้งเปลือก ได้แก่ คู่ผสมไฮบริกซ์3 x ออโรร่า ผลผลิตฝักปอกเปลือกได้แก่ ไฮบริกซ์3 x ชูการ์75 และทอปสวีท x อินทรีย์2 อย่างไรก็ตามในการพิจารณาเลือกคู่ผสมที่เหมาะสมของแต่ละลักษณะนั้น นอกจากพิจารณาจากค่า SCA แล้ว ยังต้องพิจารณาร่วมกับการแสดงออกในแต่ละลักษณะของแต่ละคู่ผสมด้วยเช่นกัน เนื่องจากหากทั้ง GCA และ SCA มีนัยสำคัญแล้ว การแสดงออกของลักษณะดังกล่าวนั้นก็เป็นผลมาจากปฏิกิริยาของยีนทั้งที่เป็นแบบบวก และไม่เป็นแบบบวก ดังนั้นจึงควรเลือกคู่ผสมที่ทั้ง SCA สูง และให้ค่าของลักษณะนั้นของลูกผสมสูงด้วย

สรุป

สมรรถนะการผสมทั่วไป (GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (SCA) ของข้าวโพดหวานลูกผสม 5 พันธุ์ ในสภาพการปลูกแบบอินทรีย์ (ไม่ใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี) โดยใช้วิธีการของ Griffing (Griffing's method 4, fixed model) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าลักษณะที่ศึกษามีนัยสำคัญจำนวน 7 ลักษณะ ได้แก่ ความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว ค่าความหวานของเมล็ด น้ำหนักฝักปอกเปลือก ผลผลิตฝักทั้งเปลือก และผลผลิตฝักปอกเปลือก ผลการวิเคราะห์ทางพันธุกรรมพบว่าสมรรถนะการผสมทั่วไปมีนัยสำคัญในลักษณะความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว ค่าความหวานของเมล็ด และน้ำหนักฝักปอกเปลือก และไม่มีนัยสำคัญในลักษณะผลผลิตฝักทั้งเปลือก และผลผลิตฝักปอกเปลือก สมรรถนะการผสมเฉพาะมีนัยสำคัญในลักษณะความกว้างฝัก ความยาวฝัก ค่าความหวานของเมล็ด น้ำหนักฝักปอกเปลือก ผลผลิตฝักทั้งเปลือก และผลผลิตฝักปอกเปลือก และไม่มีนัยสำคัญในลักษณะจำนวนเมล็ดต่อแถว เมื่อพิจารณาผลผลิตฝักทั้งเปลือก พบว่าคู่ผสม ไฮบริกซ์3 x ออโรร่า และ ทอปสวีท801 x อินทรีย์2 มีสมรรถนะการผสมเฉพาะมีนัยสำคัญในทางบวกสูงเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในขณะที่คู่ผสมอื่นๆ มีนัยสำคัญในทางลบ หรือไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นคู่ผสมดังกล่าวจึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการนำมาสร้างลูกผสมคู่ที่ให้ผลผลิตสูง