

## การตรวจเอกสาร (Review literature)

ข้าวโพดหวาน (Super sweet corn) อยู่ในตระกูล Gramineae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. var. *saccharata* Bailey มีจำนวนโครโมโซม 10 คู่ ( $2n = 20$ ) เป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และตัวเมียแยกกันอยู่ภายในต้นเดียวกัน (Monoecious) ช่อดอกตัวผู้ที่อยู่ที่ยอดเรียกว่า tassel ส่วนดอกตัวเมียหรือฝักอยู่กลางลำต้น เกสรตัวผู้ส่วนกลางช่อดอกจะบานก่อนและค่อยๆ ทอยบานขึ้นส่วนบนและล่างของช่อดอก ข้าวโพดเป็นพืชผสมข้ามเกือบ 100 เปอร์เซนต์ (อำพล, 2522) ผลสมตัวเองได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ประมาณ 5 เปอร์เซนต์ เกสรตัวเมียหรือไหมข้าวโพด (silk) จะเริ่มโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝักภายหลังจากเกสรตัวผู้บานแล้วประมาณ 1-3 วัน การบานของเกสรตัวผู้จะติดต่อกันไปหลายวัน อากาศที่ร้อนหรือแห้งแล้งหรือลมแรง จะช่วยเร่งการสลัดละอองเกสรให้หมดเร็วขึ้น เมื่อไหมเริ่มโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝักจะรวมกันอยู่เป็นกระจุก อยู่ตรงปลายฝักและพร้อมที่จะผสมพันธุ์ทันทีเมื่อได้รับละอองเกสรตัวผู้ เส้นไหมมีลักษณะยางเหนียวคอยรับละอองเกสรที่ปลิวมาสัมผัสและจะจับละอองเกสรได้ตลอดความยาวของเส้นไหม ละอองเกสรตัวผู้อาจมีชีวิตอยู่ได้นาน 18-24 ชั่วโมง แต่อาจตายในเวลา 2-3 ชั่วโมง เมื่อพบกับอากาศร้อนจัดหรือแห้งจัด การผสมระหว่างละอองเกสรกับไข่จะเสร็จสิ้นภายในเวลา 12-18 ชั่วโมง เมื่อไข่ได้รับการผสมแล้วไหมจะเหี่ยว เมล็ดจะเจริญเติบโตและแก่เต็มที่ประมาณ 20-40 วัน หลังจากไข่ได้รับการผสม (Poehlman, 1978)

การปรับปรุงพันธุ์สามารถทำได้โดยใช้ถุงคลุมเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ก่อนที่ไหมข้าวโพดโผล่ออกจากเปลือกหุ้มฝัก นำเกสรตัวผู้ที่คลุมไว้มาโรยลงบนเกสรตัวเมียเมื่อไหมโผล่พ้นออกจากฝักแล้ว คลุมฝักข้าวโพดต่อไปอีกเพื่อป้องกันการผสมข้าม จนกว่าจะแน่ใจว่าไหมตัวเมียทุกเส้นเหี่ยวหมดแล้ว หรือจะคลุมไว้จนกว่าจะเก็บเกี่ยวก็ได้ (กฤษฎา, 2531)

ข้าวโพดหวานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เมล็ดข้าวโพดบรรจุกระป๋อง ชุปข้าวโพด รับประทานสดในรูปข้าวโพดต้ม ข้าวโพดคอลลีนน้ำตาลและมะพร้าว และเป็นส่วนประกอบของขนมหวาน เป็นต้น (ทิพย์, 2525 ; ทวีศักดิ์ และราเชนทร์, 2537)

จากสถิติการส่งออกข้าวโพดหวานของไทย ทั้งปริมาณและมูลค่าการส่งออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 - 2537 มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยในปี พ.ศ. 2534 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวาน คิดเป็นมูลค่าถึง 25.1 ล้านบาท หลังจากนั้นเพียง 3 ปี ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวโพดหวานได้ปริมาณสูง

ขึ้น คิดเป็นมูลค่าถึง 136.1 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ อ้างถึงใน เฉลิมเกียรติ, 2539) จากมูลค่าการส่งออกแสดงให้เห็นว่า ข้าวโพดหวานกลายเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ในวงการเกษตรไทย

วิธีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานเหมือนกับวิธีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดโดยทั่วไป แต่ที่แตกต่างกัน คือลักษณะที่จะทำการปรับปรุงเท่านั้น การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดซึ่งเป็นพืชผสมข้ามตามธรรมชาติ สามารถกระทำได้โดย การสร้างพันธุ์ผสมเปิด (open pollinated variety) พันธุ์สังเคราะห์ (synthetic variety) และพันธุ์ลูกผสม ( $F_1$  - hybrid) ซึ่งมีวิธีการปรับปรุงพันธุ์ 3 ขั้นตอน (กฤษฎา, 2531) คือ

1. การสร้างประชากรพื้นฐาน เป็นการสร้างประชากรที่จะใช้คัดเลือกพันธุ์ ซึ่งจะต้องมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะที่สำคัญ เช่น ผลผลิต คุณภาพ และอายุเก็บเกี่ยว เป็นต้น ที่ต้องการจะให้มีในพันธุ์ลูกผสมมากพอที่จะทำการคัดเลือกพันธุ์ประสบผลสำเร็จ ซึ่งพันธุ์ที่ควรนำมาใช้เป็นประชากรพื้นฐานสำหรับการสร้างสายพันธุ์แท้ ได้แก่ พันธุ์ผสมเปิด พันธุ์ลูกผสมชั่วแรก พันธุ์ผสมรวม (composite cultivar) หรือพันธุ์สังเคราะห์ที่ใช้เป็นการค้าอยู่ในปัจจุบัน หรืออาจใช้ประชากรที่เป็นลูกผสมรุ่นที่ 2 ( $F_2$ ) ที่สร้างขึ้นเอง หรือได้รับมาจากสถาบันปรับปรุงพันธุ์พืชระหว่างชาติ เช่น CIMMYT เป็นต้น ในกรณีที่สร้างขึ้นเอง เป็นการผสมข้ามระหว่างพันธุ์การค้าจากต่างประเทศกับพันธุ์พื้นบ้านของไทย หรือเป็นการผสมข้ามระหว่างพันธุ์การค้าพันธุ์ดีที่นำเข้าจากต่างประเทศที่ไม่มีบรรพบุรุษร่วมกันมาก่อน เช่นพันธุ์ที่นำเข้าจากญี่ปุ่น อเมริกา และได้หวัน เป็นต้น นอกจากนี้ ประชากรพื้นฐานอาจได้มาจาก ประชากรที่ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์แบบวงจร (recurrent selection) มาแล้ว

## 2. การสร้างสายพันธุ์แท้

การสร้างสายพันธุ์แท้ หรือการสกัดสายพันธุ์แท้ (inbred line extraction) โดยใช้วิธี inbreeding ซึ่งเป็นวิธีที่เกี่ยวข้องกับการผสมพันธุ์ระหว่างต้นพืชที่เกี่ยวข้องเป็นเครือญาติกัน หรือมีบรรพบุรุษร่วมกัน ได้แก่วิธีผสมตัวเอง (selfing) วิธีผสมในระหว่างพี่น้อง (sib mating) วิธีผสมย้อน (backcrossing) และวิธีคัดพันธุ์แบบบันทึกประวัติ (pedigree method)

วิธีที่นิยมที่สุด คือ การผสมตัวเอง โดยในแต่ละชั่วจะมีการคัดเลือกไปพร้อมกันด้วย เมื่อผสมตัวเองไปได้ 2 - 3 ชั่ว ก็จะคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปดี โดยการทดสอบสายพันธุ์ (Combining Ability Test = ทดสอบความสามารถในการรวมตัวของสายพันธุ์) จากนั้นจึงทำการผสมตัวเองพร้อมกับคัดเลือกพันธุ์ต่อไปอีกจนถึงชั่วที่ 5-6 ก็จะได้สายพันธุ์แท้ที่มีความเป็นพันธุ์แท้ถึง 96.9 - 98.4 %

### 3. การสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว

ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมชั่วแรกจากสายพันธุ์ที่ได้รับนั้น เริ่มจากการหาสายพันธุ์แท้ที่เหมาะสมจะใช้เป็นพ่อแม่ก่อน โดยการทดสอบความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (Specific Combining Ability Test) ของสายพันธุ์แท้ ซึ่งในการสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single - cross hybrid) นั้น จะพิจารณาจากคู่ผสมที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูงเท่านั้น

เมื่อคัดเลือกได้คู่ผสมที่ดีแล้วก็จะผลิตเมล็ดพันธุ์ของคู่ผสมดังกล่าว เพื่อนำไปปลูกทดสอบในสภาพไร่ของเกษตรกรหลายสถานที่ เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ปี เพื่อทดสอบยืนยันผลซ้ำก่อนผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวเป็นการค้าต่อไป

#### ความสามารถในการรวมตัว (Combining Ability)

ความสามารถในการรวมตัว เป็นปัจจัยที่ใช้วัดความสามารถของพ่อแม่ที่จะให้ลูกผสมออกมาดีหรือเลว ทั้งนี้เพราะการวัดคุณค่าของพันธุ์ต่างๆ ไม่อาจประเมินได้จากลักษณะที่แสดงออกภายนอกเท่านั้น การถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ถูกควบคุมโดยพันธุกรรม ดังนั้นพ่อแม่ที่มีลักษณะดีอาจจะไม่ให้ลูกผสมที่มีลักษณะดีเสมอไป ในการปรับปรุงพันธุ์พืชจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบความสามารถของพันธุ์พ่อแม่ เพื่อที่จะได้สายพันธุ์ที่ให้ลูกผสมออกมาดี

ความสามารถในการรวมตัว หมายถึง ประสิทธิภาพในการให้ลูกผสมของพืช เป็นการวัดความสามารถของพืชในการที่จะให้ลูกผสมได้ดีมากน้อยเพียงไร ในการปรับปรุงพันธุ์พืช Sprague and Tatum (1942) (อ้างถึงโดย Griffing, 1956) แบ่งการวัดความสามารถในการรวมตัวเป็นสองแบบคือ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (General Combining Ability : GCA) หมายถึง ความสามารถเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ในการรวมตัวกับพันธุ์อื่นๆ และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (Specific Combining Ability : SCA) หมายถึง ค่าที่แสดงว่าคู่ผสมแต่ละคู่ มีความสัมพันธ์กันดีหรือเลวกว่าความสามารถเฉลี่ยของสายพันธุ์เหล่านั้นอย่างไร ความสามารถในการรวมตัวทั้งสองชนิด จะถูกควบคุมโดยพฤติกรรมการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะนั้นๆ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป เป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบบวก (additive gene action) เป็นส่วนใหญ่ (Moll and Stuber, 1974) ซึ่งอิทธิพลของยีนประเภทนี้ สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ เป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action) อิทธิพลของยีนประเภทนี้ จะปรากฏเฉพาะในชั่วนั้นๆ ไม่สามารถจะถ่ายทอดไปถึงชั่วต่อไปได้ จึงให้ประโยชน์ได้แต่เฉพาะในรูปของลูกผสม ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในพืชผสมข้าม

ในการทดสอบความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเอาเฉพาะสายพันธุ์ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปดี คือมีค่า GCA สูง ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ แล้วทำให้ได้ลูกผสมที่มีลักษณะต่างๆ ดี สายพันธุ์ดังกล่าวจะถูกนำไปใช้สร้างสายพันธุ์แท้ต่อไป ซึ่งเป็นการช่วยลดสายพันธุ์ที่จะใช้สร้างพันธุ์แท้ให้เหลือน้อยลง ส่วนการทดสอบความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทดสอบหาสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะดี คือมีค่า SCA สูง ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ผสมกับสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ลูกผสมที่แสดงลักษณะต่างๆ ดีที่สุดเหนือกว่าลูกผสมคู่อื่นๆ วิธีการทดสอบ SCA นี้ ใช้สำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อและแม่ในการผลิตลูกผสมเดียว

ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่งนั้น สามารถประเมินได้จากค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจกับค่าเฉลี่ยของทุกคู่ผสมที่เกี่ยวข้อง ส่วนค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของคู่ผสมใดคู่ผสมหนึ่ง สามารถประเมินได้จากค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์ทั้งสอง กับค่าคาดหมายที่ประเมินได้จาก ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของคู่ผสมดังกล่าว และค่าเฉลี่ยของทุกคู่ผสมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความสามารถในการรวมตัวในลักษณะของผลผลิต โดย Cross (1977) ได้ทำการศึกษากับข้าวโพดพันธุ์หนัก 10 สายพันธุ์ (ND408, ND376, ND478, W153R, ND481, A624, NDB8, NY540, MS141 และ ND485) และพันธุ์เบา 10 สายพันธุ์ (ND474, CG10, CO303, CG1, MS92, ND302, MS93, ND364, ND363 และ ND468) โดยการผสมแบบ Diallel cross เพื่อทดสอบสายพันธุ์แท้ที่ให้ผลผลิตสูง พบว่า ในข้าวโพดพันธุ์หนัก ผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์ ND408 มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด และลักษณะผลผลิต จำนวนแถวของเมล็ด และความลึกของเมล็ดของพันธุ์ ND376 จะมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง ส่วนการศึกษาในข้าวโพดพันธุ์เบาพบว่า พันธุ์ ND474 มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะผลผลิตสูงที่สุด ส่วนพันธุ์ CG10 จะมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะผลผลิต จำนวนแถวของเมล็ด และความลึกของเมล็ดสูง Nevada and Cross (1990) ทำการศึกษาในข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์ 8 พันธุ์ (AS10, CGSS, CGL, BS-5, NDSD, NDSC, NDSF และ ASD) โดยทำการผสมแบบ Diallel cross พบว่า ข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์ AS10, CGSS, NDSD และ NDSC มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะผลผลิตเป็นบวก ซึ่งจะชี้ให้เห็นว่าเมื่อไปรวมกับสายพันธุ์อื่นๆ แล้วจะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงขึ้น และนอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ NDSC ยังให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอีกด้วย และเมื่อพิจารณาลูกผสมที่มีพันธุ์ NDSC เป็นพ่อหรือแม่ พบว่าลูกผสมเหล่านี้ให้ผลผลิตสูง ดังนั้นพันธุ์ NDSC จึงเหมาะที่จะนำมาใช้พัฒนาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่เพื่อผลิตลูกผสมต่อไป Beck et al. (1991) ราย

งานว่า ในการผสมข้าวโพดแบบพบกันหมดระหว่างพ่อแม่ 9 สายพันธุ์ เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่สามารถปลูกได้ในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน พบว่ามีเพียงผลผลิตของประชากร 42, 47 และ 34 ที่ปลูกในเม็กซิโกที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างทางสถิติ ส่วนผลผลิตของลูกผสมระหว่างประชากร 33x45 เท่านั้นที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนการทดลองในอเมริกานั้น ประชากรที่ให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีความแตกต่างทางสถิติ มีเพียงประชากร 41 ประชากรเดียว และ Napolini *et al.* (1981) ยังพบว่า ในกลุ่มของประชากรข้าวโพดที่มีฐานทางพันธุกรรมในเขตกึ่งร้อน ประชากร 42 จะมีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุด ในลักษณะของน้ำหนักฝัก และรองลงมาคือ ประชากร 33

โชคชัย และคณะ (2538) ทำการวิจัยเพื่อประเมินสมรรถนะของสายพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ควบคุมด้วยยีน brittle-1 (*bt<sub>1</sub>*) โดยนำสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 5 ซึ่งสกัดจากพันธุ์ (HSS#10-5 x KS6(SIC2)-F<sub>3</sub> จำนวน 8 สายพันธุ์ มาผสมแบบพบกันหมด ได้ลูกผสมเดี่ยวจำนวน 28 คู่ผสม มาปลูกทดสอบ พบว่าสายพันธุ์ 38-4-2-1 ให้ค่า GCA ของน้ำหนักรากสดทั้งเปลือก และน้ำหนักรากสดเปลือกเปลือกที่ดี เป็นบวกสูงสุด และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และให้ค่า %Brix เป็นบวกสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากศูนย์ สายพันธุ์ 133-1-1-2 ให้ค่าคะแนนความนุ่มสูงสุด คู่ผสม 38-4-2-1 x 124-4-1-2 ให้น้ำหนักรากสดทั้งเปลือกสูงสุด และให้น้ำหนักรากสดเปลือกเปลือกที่ดี สูงสุดเป็นอันดับสองรองจากคู่ผสม 116-2-2-2 x 185-2-2-5 Pixley and Bjarnason (1993) ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อให้มีปริมาณไลซีน และทริปโตเฟนสูง โดยสังเกตจากปริมาณของโปรตีนในเมล็ด พบว่า พ่อแม่ที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุดจะให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นบวก และพ่อแม่ที่มีปริมาณโปรตีนต่ำจะให้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นลบ ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของปริมาณโปรตีนในเมล็ดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

วิธีการทดสอบความสามารถในการรวมตัวทำได้หลายวิธี เช่น การผสมแบบพบกันหมด การนำไปผสมกับพันธุ์ผสมปล่อย การนำไปผสมกับพันธุ์ทดสอบที่เป็นสายพันธุ์แท้ เป็นต้น (กฤษฎา, 2522 : ไพศาล, 2525) ซึ่งลูกผสมที่ได้จากต้นพืชที่มีความสามารถในการรวมตัวสูง มีแนวโน้มที่จะสามารถถ่ายทอดความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสู่รุ่นลูกได้สูงกว่าสายพันธุ์ที่ได้จากพืชที่มีความสามารถในการรวมตัวต่ำ ในการใช้แผนการผสมพันธุ์ (mating design) แบบใดแบบหนึ่ง เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการรวมตัว นับว่ามีความสำคัญในการนำมาผลิตเป็นลูกผสมเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งแผนการผสมพันธุ์ที่สามารถนำมาใช้เพื่อหาความสามารถในการรวมตัว ของลักษณะต่างๆ มีอยู่หลายวิธี (พีระศักดิ์, 2525) ได้แก่ วิธีที่ 1 Nested design เหมาะกับพืชผสมข้ามหรือพืชที่สามารถใช้เกสรตัวผู้จากต้นเดียวมาผสมกับต้นตัวเมียได้หลายต้น แต่มีข้อเสียคือ ต้นตัวเมียเป็น random effect เสมอ เพราะใช้ต้น

ตัวเมียแต่ละชุดมาผสมกับต้นตัวผู้ต่างๆ และเป็นการให้ความสำคัญกับต้นตัวผู้มากเกินไป วิธีที่ 2 Crossed design หรือ  $M \times N$  mating design เหมาะสำหรับพืชที่ให้ออกเป็นจำนวนมากในแต่ละต้น ซึ่ง design นี้ก่อให้เกิด treatment ที่เป็น 2 factor factorial กล่าวคือ ถ้าสุ่มต้นตัวผู้มา  $m$  ต้น และตัวเมีย  $n$  ต้น โดยให้แต่ละ male ผสมกับทุก female และแต่ละ female ผสมกับทุก male วิธีนี้สามารถประเมินค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปได้ถึง 2 ค่า คือจากส่วนของต้นตัวผู้ และจากส่วนของต้นตัวเมีย วิธีที่ 3 Backcross design นิยมใช้กับ inbred lines โดยการผสม 2 inbred lines เข้าด้วยกัน และปล่อยให้ลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมตัวเอง จากนั้นผสมกลับลูก  $F_2$  เข้ากับพ่อและแม่ แต่มีข้อเสียคือ ประเมินสายพันธุ์พ่อและแม่ได้น้อย (โดยทั่วไปประเมินได้เพียงคราวละ 2 สายพันธุ์) และวิธีที่ 4 คือ Diallel Cross design ซึ่งเป็นการผสมแบบพบกันหมดระหว่างสิ่งมีชีวิต เหมาะกับพืชพวก monoecious เพราะจะต้องใช้เป็นตัวผู้และต้นตัวเมีย ทำให้ลูกผสมมีเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังสามารถใช้ได้กับพืชที่สร้าง inbred lines และพืชผสมตัวเองได้

วิธีการผสมที่เหมาะสมสำหรับงานทดลองนี้ คือ Crossed design หรือ  $M \times N$  mating design ทั้งนี้เพราะในการวิจัยเป็นการผสมข้ามข้าวโพดหวานระหว่างพันธุ์เมล็ดสีเหลือง และพันธุ์เมล็ดสีขาว ซึ่งเป็นการแยกอย่างชัดเจนระหว่างพ่อแม่ เพราะต้องการเฉพาะข้าวโพดที่มีเมล็ดสีขาวและสีเหลืองในฝักเดียวกัน การวิเคราะห์แบบ  $M \times N$  ก็เพื่อทดสอบหาความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการผลิตลูกผสมต่อไป ซึ่ง Baker (1978) เสนอว่า ลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากพ่อแม่ที่มี GCA สูง แต่ถ้า SCA ไม่นับยสำคัญ แต่ถ้า SCA มีนัยสำคัญ ลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากลูกผสมที่มีสมรรถนะการรวมตัวสูงทั้งสองแบบ

### สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ (Correlation)

ในการปรับปรุงพันธุ์พืช นอกจากความสามารถในการรวมตัวแล้ว สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์ ถ้าลักษณะที่ทำการคัดเลือกทำการวัดได้ยาก หรือมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะต่ำ แต่ลักษณะนั้นๆ มีสหสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอีกลักษณะที่วัดได้ง่ายกว่า หรือมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ซึ่งจะทำให้การคัดเลือกมีประสิทธิภาพมากขึ้น การที่ทั้ง 2 ลักษณะมีความสัมพันธ์กันหรือเปลี่ยนไปด้วยกันในตอนคัดเลือก มักเกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ การที่ยีนคู่เดียวสามารถควบคุมได้ทั้ง 2 ลักษณะ (pleiotropy) และการที่ยีนที่ควบคุมลักษณะทั้ง 2 อยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) อย่างไรก็ตามอิทธิ

ผลของ linkage ที่ก่อให้เกิดสหสัมพันธ์จะมีเฉพาะชั่วแรกๆ เท่านั้น แต่อิทธิพลเนื่องจาก pleiotropy จะคงอยู่ตลอดไปทุกชั่ว (พีระศักดิ์, 2536 และ Facolner, 1981)

สหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ประเมินได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างลักษณะนั้นๆ ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง -1 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าเป็นบวก แสดงว่าลักษณะหนึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอีกลักษณะหนึ่งเพิ่มขึ้น แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าเป็นลบ หมายถึงเมื่อลักษณะหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น อีกลักษณะหนึ่งกลับมีค่าลดลง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยิ่งใกล้หนึ่ง หมายถึงว่าลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด แต่ถ้ามีค่าใกล้ศูนย์หมายถึงว่าลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันน้อย และถ้ามีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าลักษณะทั้งสองไม่มีสหสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน (Snedecor and Cochran, 1967)

Nevado and Cross (1990) พบว่ามีสหสัมพันธ์กันสูงระหว่างผลผลิต กับจำนวนใบ ความยาวใบ และอายุออกไหมของข้าวโพด เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของ GCA พบว่า ค่าสหสัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างอัตราการเจริญเติบโต กับองค์ประกอบของผลผลิตคือ จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อแถว และผลผลิตกับองค์ประกอบของความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตคือ จำนวนใบ ความยาวใบ และอายุออกไหม Joyce and Davis (1995) ทำการศึกษาความต้านทานต่อหนอนเจาะฝักข้าวโพดหวานโดยใช้วิธี Testcross พบว่า มีสหสัมพันธ์กันในทางลบระหว่างความยาวของไหมและฝักที่ถูกทำลายในลูกผสม 101x16, 132x18, 169x16 และ 169x18 โดยที่ค่า  $r$  จะไม่ต่ำกว่า -0.35 และสรุปได้ว่าฝักที่มีไหมสั้นจะมีความต้านทานต่อการทำลายของหนอนเจาะฝัก Landi and Frascioli (1995) ทำการปลูกข้าวโพด 2 cycle พบว่า ใน cycle แรก ดัชนีการคัดเลือกมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ต้นตั้งตรง และมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความชื้นของเมล็ด ส่วนใน cycle ที่ 2 พบว่า ดัชนีการคัดเลือกมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับทั้งสามลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิตของเมล็ดมีสหสัมพันธ์กันสูงที่สุด Seka and Cross (1995) รายงานว่า อายุออกไหมไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ด และอัตราการขยายตัวของใบ ถึงแม้ว่าเวลาออกไหมที่ต่างกันจะให้น้ำหนักของเมล็ดแตกต่างกันก็ตาม และอัตราการขยายตัวของใบ พบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับสูงกับพื้นที่ใบ Uhr and Goodman (1995) พบว่า ผลผลิตเมล็ดมีสหสัมพันธ์กับวันปล่อของเกสร ความชื้นของเมล็ด ความสูงฝัก และความสูงต้น และยังพบว่าความสูงฝักและความสูงต้น มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับอายุปล่อของเกสร แต่มีความความสัมพันธ์ในทางลบกับเปอร์เซ็นต์ต้นตั้งตรง

จากการศึกษาของ Flora and Wiley (1974) พบว่า ความอร่อยของข้าวโพดหวานมีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความหวาน ความนุ่มเนื้อ และกลิ่นหอม ( $r = 0.957^{**}$ ,  $0.958^{**}$  และ  $0.584^{**}$ )

ตามลำดับ) เช่นเดียวกับ Tracy and Schmidt (1987) ที่รายงานว่า ความนุ่มของเมล็ดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการกำหนดคุณภาพของข้าวโพดหวาน Tracy and Juvik (1989) รายงานว่า ความหนาของ Pericarp ไม่มีสหสัมพันธ์กับความสามารถในการงอกในแปลงของข้าวโพดหวานพิเศษชนิด *sh<sub>2</sub>* ถึงแม้ว่า Pericarp ที่หนาจะช่วยป้องกันเมล็ดจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค รวมไปถึงการซึมของน้ำเข้า-ออกจากเมล็ด แต่ความหนาของ Pericarp จะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความนุ่มเนื้อ (Tracy and Schmidt, 1987) Pixley and Bjarnason (1993) ทำการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเพื่อเพิ่มปริมาณของ lysine และ tryptophan ในเมล็ด พบว่า ปริมาณโปรตีนที่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณ tryptophan ในเมล็ด และยังพบว่าผลผลิตเมล็ด ไม่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีน แต่ Bhatia และ Rabson (1978) พบว่า ผลผลิตเมล็ดและโปรตีนมีสหสัมพันธ์ในทางลบต่อกัน