

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ข้าวโพด (corn or maize) จัดอยู่ใน วงศ์ Gramineae วงศ์ย่อย Pamieoideae, ตระกูล Maydeae ตระกูลที่อยู่ในความสนใจของนักปรับปรุงพันธุ์พืชก็คือ Maydeae (Teosinte) และ Zea (Maize) ข้าวโพดเป็นอาหารของคนและสัตว์นานนับศตวรรษ จัดเป็นพืชอาหารที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง รองลงมาจากข้าวสาลีและข้าว มีแหล่งกำเนิดในอเมริกากลาง (กฤษฎา, 2531)

ข้าวโพดมีจำนวนโครโมโซม 10 คู่ ($2n = 20$) เป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และตัวเมีย แยกกันอยู่ภายในต้นเดียวกัน (Monoecious) ช่อดอกตัวผู้ที่อยู่ที่ยอดเรียกว่า Tassel ส่วนดอกตัวเมียหรือฝักอยู่กลางลำต้น เกสรตัวผู้ส่วนกลางช่อดอกจะบานก่อนและค่อยๆ หยอยบานขึ้นส่วนบนและล่างของช่อดอก ข้าวโพดเป็นพืชผสมข้ามเกื้อบ 100 เปอร์เซนต์ (อำพล, 2522) ผสมตัวเองได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นประมาณ 5 เปอร์เซนต์ เกสรตัวเมียหรือไหมข้าวโพด (silk) จะเริ่มโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝักภายหลังจากเกสรตัวผู้บานแล้วประมาณ 1 - 3 วัน การบานของเกสรตัวผู้จะติดต่อกันไปหลายวัน อากาศที่ร้อนหรือแห้งแล้งหรือลมแรงจะ ช่วยเร่งการสลัดละอองเกสรให้หมดเร็วขึ้น เมื่อไหมเริ่มโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝักจะรวมกันอยู่เป็นกระจุก อยู่ตรงปลายฝักและพร้อมที่จะผสมพันธุ์ทันที เมื่อได้รับละอองเกสรตัวผู้เส้นไหมมีลักษณะยางเหนียวคอยรับละอองเกสรที่ปลิวมาสัมผัสและจะจับละอองเกสรได้ตลอดความยาวของเส้นไหม ละอองเกสรตัวผู้อาจมีชีวิตอยู่ได้นาน 18 - 24 ชั่วโมง และอาจตายในเวลา 2 - 3 ชั่วโมง เมื่อพบกับอากาศร้อนจัดหรือแห้งจัด การผสมระหว่างละอองเกสรกับไข่จะเสร็จสิ้นภายในเวลา 12 - 18 ชั่วโมง เมื่อไข่ได้รับการผสมแล้วไหมจะเหี่ยว เมล็ดจะเจริญเติบโตและแก่เต็มที่ประมาณ 20 - 40 วัน หลังจากไข่ได้รับการผสม (Poehlman, 1978)

การปรับปรุงพันธุ์สามารถทำได้โดยใช้ถุงคลุมเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ก่อนที่ไหมข้าวโพดโผล่ออกจากเปลือกหุ้มฝัก นำเกสรตัวผู้ที่คลุมไว้มาโรยลงบนเกสรตัวเมีย เมื่อไหมโผล่พ้นจากฝักแล้ว คลุมฝักข้าวโพดต่อไปอีกเพื่อป้องกันการผสมข้าม จนกว่าจะแน่ใจว่าไหมตัวเมียทุกเส้นเหี่ยวหมดแล้วหรือจะคลุมไว้จนกว่าจะเก็บเกี่ยวก็ได้ (กฤษฎา, 2531)

ข้าวโพดสามารถนำไปใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น เมล็ดข้าวโพดป่นใช้เป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ ต้นใช้ทำหญ้าอาหารสัตว์ อาจหมักเพื่อเก็บไว้ให้สัตว์กินในช่วงฤดูหนาวหรือเก็บไว้ให้สัตว์กินสด (fodder) เมล็ดนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เมล็ดข้าวโพดสดบรรจุกระป๋อง ใช้ทำแป้ง สกัดน้ำมันหรือน้ำตาล (สนิท,2527)

นอกจากนี้อาจใช้ฝักอ่อนบริโภคทั้งฝักโดยเก็บมารับประทานเมื่อฝักยังอ่อนอยู่ แกนกลาง (ชัง) ยังไม่แข็ง เป็นที่นิยมรับประทานกันโดยทั่วไป ข้าวโพดฝักอ่อนจึงนับวันจะมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย โดยเริ่มเป็นสินค้าอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2511 (กฤษฎา,2531)

จากสถิติการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนของไทย ทั้งปริมาณและมูลค่าการส่งออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 - 2537 มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยในปี พ.ศ. 2528 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดฝักอ่อน คิดเป็นมูลค่า 141 ล้านบาท หลังจากนั้นเพียง 9 ปี ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนได้ปริมาณสูงขึ้น คิดเป็นมูลค่าถึง 700 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ อ้างถึงใน ทันตา,2537) จากมูลค่าการส่งออกแสดงให้เห็นว่า ข้าวโพดฝักอ่อนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดใหม่ในวงการเกษตรไทย

การปรับปรุงข้าวโพดฝักอ่อนไม่มีความแตกต่างไปจากวิธีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดโดยทั่วไปแต่ที่แตกต่างกัน ควรจะเป็นลักษณะที่จะทำการปรับปรุงเท่านั้น (กฤษฎา, 2531) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดซึ่งเป็นพืชผสมข้ามตามธรรมชาติสามารถกระทำได้โดยการสร้างพันธุ์ผสมเปิด (open-pollinated variety) พันธุ์สังเคราะห์ (synthetic variety) และพันธุ์ลูกผสม (F_1 - hybrid) ไม่ว่าจะเป็นการสร้างพันธุ์ชนิดใดก็ตาม มีวิธีการปรับปรุงพันธุ์ 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างประชากรพื้นฐานเป็นการสร้างประชากรที่จะใช้คัดเลือกพันธุ์ประชากรดังกล่าวจะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะที่จะทำการคัดเลือกมากพอ ลักษณะดังกล่าวต้องมีความแตกต่างอันเนื่องมาจากพันธุกรรมไม่ใช่สิ่งแวดล้อมเพราะความแตกต่างอันเนื่องมาจากการสิ่งแวดล้อม ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ การสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมสามารถทำได้โดยการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์พืช 2 สายพันธุ์ หรือมากกว่า 2 สายพันธุ์ การผสมข้ามระหว่าง 2 สายพันธุ์พ่อแม่ที่นิยมใช้จะต้องมีลักษณะดีที่แตกต่างก็นำมาผสมกัน เมื่อผสมได้ลูกผสมชั่วแรก (F_1) แล้วจะทำการผสมตัวเองต่อให้ได้ลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) ลูกผสมรุ่นนี้มีการกระจายของยีนมากที่สุด สำหรับการผสมข้ามระหว่างพันธุ์พืชหลายพันธุ์แต่ละพันธุ์มีลักษณะดี

ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ มาจากแหล่งมีประวัติความเป็นมาแตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันแล้ว จะเปิดโอกาสให้ยีนดีจากแต่ละสายพันธุ์เข้ามารวมตัวกัน ทำให้ได้ประชากรพื้นฐานที่มีฐานทางพันธุกรรมกว้าง มีความสามารถในการปรับตัวดี และมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะที่จะทำการคัดเลือกมาก วิธีนี้เหมาะสมกับพืชผสมข้าม ข้าวโพดสามารถผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์พ่อ แม่หลายสายพันธุ์ได้ โดยสร้างลูกผสมชั่วแรกก่อน แล้วได้ลูกผสมรุ่นแรกที่เป็นการผสมระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ จึงนำมาปลูกในแปลงแยกตัวออกมา ต่างหาก (isolation plot) ปลูกแต่ละคู่ผสมเป็นแถวสั้น ปลูกให้มีหลายซ้ำ แล้วปล่อยให้ผสมกันแบบอิสระ เก็บเมล็ดรวมกันแล้วปล่อยให้ผสมเปิดแบบสุ่มอีก 2 รุ่น โดยไม่มีการคัดเลือกพันธุ์ ก็จะได้ประชากรพื้นฐาน

การตรวจสอบว่าประชากรของพืชนั้นๆ มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะเพียงพอยู่หรือไม่ ทำได้โดยการใช้แผนการผสมพันธุ์ (mating design) แบบใดแบบหนึ่ง เพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบต่างๆ และความก้าวหน้าจะขึ้นอยู่กับวิธีการคัดเลือกในลูกผสม ส่วนการคัดเลือกวิธีการใดจึงจะได้ผลและมีประสิทธิภาพ ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการรวมตัว (combining ability) โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability : gca) ในลักษณะต่างๆ ของสายพันธุ์ที่จะนำมาใช้เป็นพ่อแม่ ในการทำเป็นลูกผสมเปิดและพันธุ์สังเคราะห์

2. การสกัดสายพันธุ์แท้เป็นวิธีการสกัดสายพันธุ์พืช เพื่อให้ได้สายพันธุ์แท้โดยการผสมตัวเองหลายๆ ชั่ว วัตถุประสงค์ของการสกัดสายพันธุ์แท้ก็เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมชั่วแรกในพืชผสมข้าม เมื่อสกัดจนได้สายพันธุ์แท้แล้ว นำสายพันธุ์แท้ไปทดสอบความสามารถในการรวมตัว (combining ability test) พันธุ์แท้ที่ผ่านการทดสอบว่ามีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะดี (specific combining ability : sca.) จะถูกนำไปใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมชั่วแรก

ความสามารถในการสร้างพันธุ์ผสมเปิด พันธุ์สังเคราะห์และพันธุ์ลูกผสมชั่วแรก จึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับความแปรปรวนทางพันธุกรรม พฤติกรรมการแสดงออกของยีน ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ ความดีเด่นของลูกผสมและสหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องับลักษณะที่ต้องการ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์พืช

ความสามารถในการรวมตัว (combining ability)

ความสามารถในการรวมตัว เป็นปัจจัยที่ใช้ชี้วัดความสามารถของพ่อแม่ที่จะให้ลูกผสมออกมาดีหรือเลว ทั้งนี้เนื่องมาจากการวัดคุณค่าของพันธุ์ต่างๆ ไม่อาจประเมินได้จากลักษณะที่แสดง ออกภายนอกเท่านั้น การถ่ายทอดลักษณะถูกควบคุมโดยพันธุกรรม ดังนั้น พ่อแม่ที่มีลักษณะดีไม่อาจจะให้ลูกผสมที่ดีเสมอไป ในโครงการปรับปรุงพันธุ์พืช จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบความสามารถของพันธุ์พ่อแม่ เพื่อที่จะได้สายพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ลูกผสมออกมาดีจึงนับว่าเป็นประโยชน์ต่อการสร้างพันธุ์ลูกผสม

Sprague และ Tatum (1942) (อ้างถึงโดย Griffing ,1956) แบ่งความสามารถในการรวมตัวออกเป็น 2 ชนิดคือ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability : gca) หมายถึง ความสามารถในการรวมตัวเฉลี่ยจากการนำสายพันธุ์หนึ่งไปผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability : sca) หมายถึง ค่าความสามารถที่ใช้เปรียบเทียบเฉพาะระหว่างคู่ผสมแต่ละคู่ว่ามีลักษณะดีหรือเลวกว่าค่าความสามารถในการรวมตัวเฉลี่ยของสายพันธุ์เหล่านั้นอย่างไร ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปจะเป็นอิทธิพลและการแสดงออกของยีนแบบผลบวก (additive gene action) ซึ่งการแสดงออกของยีนแบบนี้ สามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่ลูกหลานได้ ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเป็นอิทธิพลจากการแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวก (non - additive gene action) ซึ่งการแสดงออกของยีนแบบนี้จะปรากฏเฉพาะชั่วนั้นๆ ไม่สามารถจะถ่ายทอดไปชั่วต่อไปได้ จึงเป็นประโยชน์ได้แต่เฉพาะในลูกผสม ส่วนใหญ่ใช้ในพืชผสมข้าม (Moll and Stuber,1974)

การศึกษาความสามารถในการรวมตัวกระทำได้หลายวิธี เช่น การทดสอบลูกผสมปล่อยการผสมกับตัวทดสอบ (top cross) การทดสอบลูกผสมเดี่ยว (single cross) การทดสอบลูกผสมคู่ (double cross) และการผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) (กฤษญา,2522; ไพศาล,2525) วิธีการซึ่งเป็นที่นิยมมากในการศึกษาความสามารถในการรวมตัว คือ การผสมแบบพบกันหมด

Gardner และ Eberhart (1966) กล่าวว่า การศึกษาความสามารถในการรวมตัวด้วยวิธีการ ผสมแบบพบกันหมด มีการเขียนเป็นทฤษฎีและการวิเคราะห์หลายแบบเช่น Hayman [1954 a,b; 1957;1958 a,b;1960], Griffing (1956), Kempthorne (1956) และ

นักวิจัยอื่นๆ อีกหลายคน รวมทั้งวิธีการของ Gardner และ Eberhart (1966) ดังนั้นข้อมูลชุดเดียวกันสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี การวิเคราะห์ลูกผสมที่ได้จากการผสมแบบพบกันหมด สามารถทำได้โดยการใช้แบบหุ้คงที่ (fixed model) และแบบหุ้ไม่คงที่ (random model) ถ้านักปรับปรุงพันธุ์ที่สนใจชุดของพ่อแม่ที่เฉพาะเจาะจงหรือต่ำกว่า 10 สายพันธุ์ ควรจะใช้แบบหุ้คงที่

Griffing (1956) แสดงให้เห็นว่า ถ้าพ่อแม่เป็นสายพันธุ์แท้โดยสมบูรณ์และวิเคราะห์แบบหุ้คงที่ความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งหมดของลูกผสมเท่ากับ $2\sigma^2_g + \sigma^2_s$

เมื่อ σ^2_g หมายถึง ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และ

σ^2_s หมายถึง ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ

จากความสัมพันธ์อันนี้ Baker (1978) ได้เสนอว่า ความสำคัญของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปควรขึ้นอยู่กับอัตราส่วน $2\sigma^2_g / (2\sigma^2_g + \sigma^2_s)$ ถ้าอัตราส่วนนี้มีความใกล้เคียง 1 มากเท่าใดก็สามารถใช้ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปทั่วไปเพียงค่าเดียวในการประมาณลูกผสมได้เท่านั้น

Gilbert (1958) พบว่า ถ้าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปต่ำกว่าความสามารถในการผสมเฉพาะค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ไม่สามารถใช้คาดคะเนความสามารถในการรวมตัวทั่วไปได้ เพราะลูกผสมที่เกิดมาจากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงสุด 2 พันธุ์ อาจจะไม่ให้ลูกผสมที่ดีที่สุด เช่นเดียวกับ Niehaus และ Pickett (1966)

Baker (1978) กล่าวว่า ลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากพ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดถ้าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีความแตกต่างกัน ลูกผสมที่ดีที่สุดจะได้จากลูกผสมที่มีความสามารถในการรวมตัวทั้งสองแบบสูง

Griffing (1956) เสนอว่า สายพันธุ์ที่มีความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง แต่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะต่ำ อาจทำให้ลูกผสมโดยทั่วไปดีกว่าสายพันธุ์ที่มีทั้งความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปและความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง ทั้งยังเหมาะแก่การนำไปสร้างพันธุ์สังเคราะห์พันธุ์ที่มีความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะสูง เมื่อผสมกับคู่ผสมที่เหมาะสมจะให้ลูกผสมที่ดี

การวิเคราะห์ การผสมแบบพบกันหมดในพืชโดยทั่วไป ไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ กลุ่มข้อมูลลูกผสมกลับ (reciprocal cross) เพราะในพืชไม่มีอิทธิพลของเพศแม่ (Griffing ,1956) พีระศักดิ์ (2525) กล่าวว่า การวิเคราะห์การผสมแบบพบกันหมดในทางพืช อาจมีความแตกต่างกันมาก เพราะใช้สายพันธุ์แท้สร้างลูกผสม ลูกที่ได้มักแสดงความดีเด่นเหนือพ่อแม่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความไม่เป็นเอกภาพของ Error Mean Square เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงไม่นิยมแยกวิเคราะห์ลูกผสมกลับออกจากกัน ทั้งนี้ เพราะ อิทธิพลจากเพศแม่ในพืชมีน้อยกว่าสัตว์ แต่ Bolliya และ Burris (1988) ได้รายงาน ว่า ในข้าวโพดจะมีอิทธิพลของเพศแม่ ในลักษณะความทนทานของเมล็ดต่อการถูกทำลายเมื่อทำให้แห้งเปอร์เซ็นต์ความงอก นอกจากนี้ Rood และ Major (1981) ก็ยังพบว่ามีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญของลูกผสมกลับ ในลักษณะจำนวนใบ อัตราการพัฒนาของใบและความสูงของต้นข้าวโพดอีกด้วย

Rutger, Francis และ Grogan (1971) ได้รายงาน ว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะใบฝัก (ear leaf) ผลผลิตเมล็ดในข้าวโพดที่ผสมแบบพบกันหมด Gerrish (1983) พบว่า มีความแตกต่างของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะของผลผลิตของข้าวโพด Corn Belt Nevada และ Cross (1990) ได้ทำการทดลองผสมแบบพบกันหมดในข้าวโพดที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น 8 สายพันธุ์ พบว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป มีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งสำหรับลักษณะผลผลิตของเมล็ด องค์ประกอบผลผลิต จำนวนใบ ความกว้างของใบและความยาวของใบ Beck, Vasal และ Crossa (1991) ได้ทำการผสมข้าวโพดแบบพบกันหมด ระหว่างพ่อแม่ 9 สายพันธุ์ ที่จะนำมาใช้ในโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาลูกผสม พบว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในลักษณะของผลผลิตของประชากร 42,47 และ 34 ในการทดลองที่ Mexico ส่วนคู่ผสมระหว่างประชากร 33x ประชากร 45 เป็นเพียงคู่ผสมเดียวที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (sca) ในลักษณะของผลผลิตที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ส่วนการทดลองในประเทศสหรัฐอเมริกา นั้น มีเพียง Pool 41 ของ CIMMYT มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะของผลผลิตมีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ความดีเด่นของลูกผสม (heterosis)

ความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) หมายถึงสภาพที่ลูกผสมมีลักษณะดีเด่นเกินกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่หรือค่าของพ่อหรือแม่ที่ดีหนึ่งลักษณะหรือมากกว่าหนึ่งลักษณะ Fehr (1979) ลักษณะดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าพ่อแม่ Shull (อ้างถึงโดย Simmonds, 1979) ได้เป็นผู้ให้คำจำกัดความเป็นคนแรกและได้อธิบายลักษณะความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) ว่าเป็นความแข็งแรง ผลผลิตและลักษณะอื่นๆ ที่ดีเด่นเกินกว่าพ่อแม่ที่ดีที่สุดในมัน ความดีเด่นของลูกผสมนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตรงกันข้ามกับความเสื่อมถอยของลักษณะ (inbreeding depression) อันเกิดจากการรวมตัวหลายๆ ตัว (เทอด , 2521; Falconer, 1981)

การเกิด heterosis มีหลายทฤษฎีที่ได้อธิบายไว้ เช่น ทฤษฎีข่มเกิน (overdominance theory) เสนอโดย East และ Shull (1908) ได้อธิบายการเกิด heterosis ว่าเป็นผลมาจากการรวมตัวคู่ของยีน (gene) ที่ไม่เหมือนกันอยู่ในรูปของ heterozygote จะมีมากกว่า homozygote มีสิ่งมากระตุ้นทางสรีรวิทยา ทำให้ heterozygote มีลักษณะเด่นกว่า homozygote ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของความเป็นพันธุ์ทาง อัลลีล ของแต่ละยีนจะทำหน้าที่ต่างกัน ผลรวมของทั้งสองในรูปของพันธุ์ทางย่อมดีกว่าผลรวมของอัลลีล ที่เหมือนกัน

Bruce, Keeble และ Pollock (1910) เสนอทฤษฎีข่มสมบูรณ์ (dominance theory) เพื่อ อธิบายการเกิด heterosis ไว้ว่า ในพืชผสมข้ามจะมียีนอยู่เป็นจำนวนมาก ยีนด้อยจะถูกข่มเอาไว้ด้วยยีนเด่น ดังนั้นพืชผสมข้ามเมื่อผสมตัวเองก็จะแสดงลักษณะที่ไม่ดีออกมา อันเป็นลักษณะของยีนแฝง เมื่อผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้ ลักษณะด้อยจะถูกข่มเอาไว้ด้วยยีนเด่น ทำให้เกิดความดีเด่นของลูกผสมขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีผู้ตั้งข้อสังเกตว่า ลักษณะบางอย่างที่ถูกควบคุมด้วยยีนเป็นจำนวนมาก (poly gene) และขบวนการทำงานของยีนก็เป็นไปอย่างสลับซับซ้อน ปรากฏการณ์ epistasis ก็อาจมีส่วนสำคัญในอันที่จะทำให้เกิด heterosis ขึ้นได้ แม้จะยังไม่มียีนหลักฐานหรือข้อพิสูจน์อันเด่นชัดนัก (Hayman, 1957; กฤษฎา, 2522) ในปัจจุบันเรายังใช้ทฤษฎี overdominance and dominance อธิบายปรากฏการณ์ความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) อยู่ (Simmond ,1979)

การวัดความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) มี 2 แบบ คือ

1. ลักษณะของลูกผสมที่เหนือกว่าพ่อหรือแม่ที่แสดงลักษณะนั้นได้ดีที่สุด

$$\text{Heterosis} = F_1 - P \text{ (better parent)}$$

2. ลักษณะของลูกผสมซึ่งแสดงออกได้มากกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่

$$\text{Heterosis} = F_1 - [(P_1 + P_2) / 2]$$

(เทอด,2521;กฤษฎา,2525)

Beal (อ้างถึงโดยไพศาล,2525) กล่าวว่า การผสมระหว่างข้าวโพดสายพันธุ์ผสมเปิดพันธุ์ต่างๆ พบว่าลูกผสมให้ผลผลิตสูงกว่าพ่อแม่ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ Richey (1927) พบว่า จำนวนลูกผสมของข้าวโพดจากพ่อแม่พันธุ์ผสมเปิดจำนวน 244 ชุด มีอยู่ 82 เปอร์เซ็นต์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และจากการศึกษาพบว่า การผสมข้าวโพดต่างชนิดกัน เช่น flint x dent จะให้ผลผลิตสูงกว่าการผสมระหว่างพวกที่ใกล้เคียงกัน นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดคนอื่นๆ ยังพบอีกว่า การผสมพันธุ์ระหว่างข้าวโพดที่ไม่เคยเกี่ยวข้องกันมาก่อนจะให้ผลผลิตสูงกว่าระหว่างพันธุ์ที่มีความใกล้ชิดกัน Gerrish (1983) ได้ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมข้าวโพด พันธุ์สังเคราะห์ 6 สายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย corn belt dent 3 สายพันธุ์และข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์จากต่างประเทศ (exotic synthetic) อีก 3 สายพันธุ์ โดยทำการผสมแบบพบกันหมด พบว่ามีการตอบสนอง heterosis ของผลผลิตเกิดขึ้นในคู่ผสมต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ Mungoma และ Pollak (1988) ได้ทำการทดลองผสมแบบพบกันหมดในระหว่างประชากรข้าวโพดที่เป็น white - endosperm 3 ประชากร ได้แก่ Pride of Saline, Johnson Country White, Pocheftroom Peal และ yellow - endosperm 7 ประชากร ได้แก่ BSSS (R) C10,BSK (HI) C 8 Syn 3, BS16 (S) C3 Syn2, Mexican Dent Learning, and Midland เพื่อประเมิน heterotic combination พบว่าเกิด heterosis ในลักษณะของผลผลิตและความสูงของฝักในระหว่างคู่ผสมของประชากรต่างๆ โดยคู่ผสมระหว่าง BSSS (R) C10 x Mexican Dent และ Midland x BSK (HI) C8 Syn3 มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทำ hybrid combination

Beak, Vasal และ Crossa (1991) ได้ทำการทดลองผสมแบบพบกันหมด กับข้าวโพด 9 ประชากร ซึ่งเป็นแหล่งรวมทางพันธุกรรม (gene pool) CIMMYT เพื่อจะได้นำมาใช้ในโครงการพัฒนาลูกผสม ผลจากการทดลองพบว่า population 42 x population 47 ให้ผลผลิตสูงสุดเป็น 7.87 ton/ha โดยมีความดีเด่นเหนือกว่าพ่อหรือแม่ที่ดี 9.1 เปอร์เซ็นต์

Rood และ Major (1981) ได้ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมโดยทำการผสม

แบบพบกันหมดระหว่างข้าวโพดสายพันธุ์แท้ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น 8 พันธุ์ ได้แก่ CL3, CL5, CM7, CM49, CG8, W103, 66 A4 - 2 และ 66 D34 - 1 พบว่า เกิดความดีเด่นในลักษณะความสูงต้น จำนวนใบและอัตราการพัฒนาของใบเมื่อวิเคราะห์ทางพันธุกรรมพบว่า ความสูงของต้นและอัตราการพัฒนาของใบมีอิทธิพลมาจากปฏิกิริยาของยีนแบบข่มเกิน (overdominance) ส่วนการเพิ่มขึ้นจำนวนของใบเป็นปฏิกิริยาของยีนแบบข่มสมบูรณ์ (complete dominance)

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ (correlation)

ในการปรับปรุงพันธุ์พืชนอกจากความสามารถในการรวมตัวแล้ว สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ก็เป็นสิ่งที่ควรพิจารณา เพราะจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์ เช่น หากลักษณะที่ต้องการคัดเลือกวัดได้ยาก หรือมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะต่ำ แต่ลักษณะนี้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งวัดได้ง่ายหรือมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ซึ่งจะทำให้การคัดเลือกพันธุ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันหรือเกิดสหสัมพันธ์กัน มักเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. ยีนคู่เดียวควบคุมได้มากกว่าหนึ่งลักษณะ (pleiotropy)
2. ยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) อิทธิพลของ linkage ที่ก่อให้เกิดสหสัมพันธ์จะมีเฉพาะชั่วคราวเท่านั้น แต่อิทธิพลเนื่องจาก pleiotropy จะเกิดตลอดไปทุกชั่ว พืชศักดิ์ (2526) นอกจากนี้ ในการคัดเลือกพันธุ์ ตามปกติจะมีลักษณะที่ต้องการอยู่หลายลักษณะ การทราบถึงสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ จะทำให้คาดหมายได้ว่า การคัดเลือกในลักษณะหลักจะทำให้ลักษณะอื่นๆ เปลี่ยนไปในทิศทางที่ต้องการหรือไม่ และจะมีโอกาสมากนักน้อยเพียงใดที่จะคัดเลือกให้ได้ลักษณะที่ต้องการนั้นพร้อมๆ กัน (Falconer, 1981)

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ประเมินได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างลักษณะนั้นๆ ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง -1 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก แสดงว่าลักษณะหนึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอีกลักษณะหนึ่งที่มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นลบ หมายถึงว่า เมื่อลักษณะหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น อีกลักษณะหนึ่งกลับมีค่าลดลง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยิ่งใกล้ 1 หมายถึงว่า ลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด แต่ถ้ามีค่าใกล้ศูนย์ หมายถึงว่า ลักษณะทั้ง

สองมีสหสัมพันธ์กันน้อย และถ้ามีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าลักษณะทั้งสองไม่มีสหสัมพันธ์กัน หรือเป็นอิสระต่อกัน (Snedecor and Cochran, 1967)

การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ในข้าวโพดได้มีการศึกษาลักษณะฝักดกมีสหสัมพันธ์ในทางบวกอย่างสูงกับผลผลิต (Hallauer and Miranda, 1981; Lonquist, Cota and Gardner, 1966; Moll and Stuber cited in Compton and Bahadur, 1977) และจากการศึกษาในข้าวโพดลูกผสมพวกฝักดกที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว (selected prolific hybrid) ก็พบสหสัมพันธ์ในทำนองเดียวกัน คือพบว่าองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญๆ ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อฝักมีความสัมพันธ์ในทางบวก (Moll, Kampartand Jacon, 1987) Younes และ Andrew (1978) พบว่า ลักษณะฝักดกมีความสัมพันธ์ทางลบกับอายุการออกไหมและเปอร์เซ็นต์ฝักที่ใช้ประโยชน์ได้ ความสัมพันธ์ที่อาจเป็นประโยชน์ต่องานปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น กับช่วงเวลาโผล่ฝักแรกและฝักที่สองและระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับช่วงเวลาโผล่ของไหมฝักแรกและฝักที่สอง พบว่ามีความสัมพันธ์ในทางลบ (Sorrells, Lonquist and Harris, 1979) ส่วนความยาวเมล็ดมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนแถวเมล็ดบนฝัก ($r = 0.46^{**}$) สะไกร (2533) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน จึงได้ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ของข้าวโพด พันธุ์รังสิต - มข. พบว่า จำนวนฝักต่อต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักไม่แตก จำนวนฝักรวม น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก น้ำหนักฝักที่ไม่แตกและอายุเก็บเกี่ยว แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับอัตราส่วนน้ำหนักฝักก่อนต่อหลังปอกเปลือก ความสูงฝักแรก ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวและอายุอดช่อดอกตัวผู้เฉพาะกับจำนวนฝักรวมเท่านั้นที่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($r = 1.00^{**}$) ในทำนองเดียวกัน จำนวนฝักที่ไม่แตกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักรวม น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก น้ำหนักฝักที่ไม่แตก ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวและอายุเก็บเกี่ยว ส่วนอัตราน้ำหนักก่อนต่อหลังปอกเปลือก ความสูงฝักแรกและอายุอดช่อดอกตัวผู้ มีความสัมพันธ์กันในทางลบ และเฉพาะกับน้ำหนักฝักที่ไม่แตกเท่านั้น ที่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($r = 0.985^{**}$)

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ที่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ได้แก่ น้ำหนักก่อนปอกเปลือก ($r = 0.995^{**}$) กับอัตราส่วนน้ำหนักก่อนต่อหลังปอกเปลือก ($r = -0.878^{*}$) น้ำหนักหลังปอกเปลือกกับอัตราส่วนน้ำหนักก่อนต่อหลังปอกเปลือก ($r = -0.911^{**}$) นอกนั้นไม่แสดงนัยสำคัญทางสถิติ