การใช้เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์เพื่อลดระยะเวลาในการพัฒนาข้าวโพดลูกผสม[1/]

Application of Double Haploid Technique in Accelerating Hybrid Maize Breeding[1/]

ผู้ทำสัมมนา นายธนกร งามเจริญ[2/]

อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดในประเทศไทย ทั้งภาครัฐและเอกชน มุ่งเน้นการพัฒนาข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว (Single Cross Hybrid) ที่มีความแข็งแรง สม่ำเสมอ และให้ผลผลิตสูง ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวเกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ (Inbred Line) จำนวน 2 สายพันธุ์ ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งลูกผสมที่ได้มักมีความสม่ำเสมอ แข็งแรง และให้ผลผลิตสูงกว่าพ่อแม่พันธุ์ การพัฒนาข้าวโพดลูกผสมที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยสายพันธุ์แท้คุณภาพสูง โดยวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม (Conventional Breeding) ต้องใช้การผสมตัวเองต่อเนื่องหลายชั่วรุ่น (6–10 รุ่น) ใช้เวลาประมาณ 5–10 ปี เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีความคงตัวทางพันธุกรรม ในขณะที่เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์ (Double Haploid: DH) สามารถสร้างสายพันธุ์แท้ที่มีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม 100% (homozygous) ได้ภายใน 1–2 ชั่วรุ่น ช่วยลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์อย่างมาก จากการพัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพด 7 สายพันธุ์ด้วยวิธี DH และนำมาผลิตลูกผสมเดี่ยวจำนวน 21 คู่ผสม พบว่ามีศักยภาพในการให้ผลผลิตระหว่าง 543–2,176 กิโลกรัมต่อไร่ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุด ได้แก่ DH1 × DH7 (2,176 กก./ไร่), DH2 × DH6 (2,145 กก./ไร่), DH2 × DH5 (2,127 กก./ไร่) และ DH1 × DH4 (2,125 กก./ไร่) ซึ่งมีศักยภาพการให้ผลผลิตที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวทางการค้าจากภาครัฐ Suwan 5720 Suwan 5821 และ NS5 และภาคเอกชน PAC789 และ S7328 ที่มีผลผลิตระหว่าง (1,758–2,020 กิโลกรัมต่อไร่) ดังนั้น เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสายพันธุ์แท้ ช่วยลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ และสามารถสร้างพ่อแม่พันธุ์ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการผลิตข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวที่ให้ผลผลิตสูง

คำสำคัญ: การดับเบิ้ลแฮพลอยด์; ข้าวโพดลูกผสม; สายพันธุ์แท้; ลดระยะเวลา

[1/]เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

[2/]นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3/]อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. บทนำ

ข้าวโพดถือเป็นพืชผลทางการเกษตรอเนกประสงค์ทั่วโลก ข้าวโพดถูกนำมาใช้ในสินค้าอุปโภคบริโภค ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นสารให้ความหวานในอาหารแปรรูปหลายชนิด และเป็นส่วนผสมหลักของน้ำมันข้าวโพด แป้งข้าวโพด และน้ำเชื่อมข้าวโพด นอกจากนี้ยังใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอล และแม้แต่ฝักข้าวโพดก็ยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้เนื่องจากคุณสมบัติในการดูดซับ (Kopp, 2024) สำหรับประเทศไทยข้าวโพดถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เนื่องจากมีพื้นที่เพาะปลูกครอบคลุมอยู่ทั่วทุกภาค ทำให้สามารถสร้างรายได้เป็นจำนวนมากให้กับประเทศ ข้าวโพดที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ข้าวโพดฝักสด และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยข้าวโพดฝักสดปลูกเพื่อใช้สำหรับบริโภคเป็นอาหารและส่งออก เนื่องจากผู้บริโภคนิยมรับประทานและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ปลูกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ (โชคชัย และเกตุอร, 2561)

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดในปัจจุบันมีหลากหลายวิธีในประเทศไทยทั้งภาครัฐและ เอกชนมุ่งเน้นในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว (Single cross hybrid) ทั้งนี้เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดแบบดั้งเดิมอาศัยการคัดเลือกและผสมพันธุ์หลายชั่วอายุ ซึ่งต้องใช้เวลานานกว่า 5–10 ปี เพื่อให้ได้พันธุ์ที่คงที่ (Prasanna et al., 2021) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น สภาพแวดล้อมและโรค ที่ทำให้กระบวนการปรับปรุงพันธุ์มีความไม่แน่นอนสูง ดังนั้นเทคโนโลยีชีวภาพจึงถูกนำมาใช้เพื่อเร่งกระบวนการและเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาพันธุ์ซึ่งเทคโนโลยี Double Haploid (DH) เป็นเทคนิคที่ช่วยสร้างสายพันธุ์แท้ (Inbred lines) ในระยะเวลาสั้น โดยการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของเอ็มบริโอจากเซลล์สืบพันธุ์ (haploid) จากนั้นทำให้โครโมโซมเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (Diploid) เพื่อให้ได้พืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมคงที่ (Forster et al., 2007) เทคนิคนี้ช่วยลดระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์จากหลายปีเหลือเพียง 1–2 ชั่วอายุ ทำให้การพัฒนาข้าวโพดลูกผสมทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค้นคว้า รวบรวม และอภิปรายการใช้เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์เพื่อลดระยะเวลาในการพัฒนาข้าวโพดลูกผสม

2. ข้าวโพด

2.1 ความสำคัญของข้าวโพดในเศรษฐกิจโลกและประเทศไทย

ข้าวโพด (*Zea mays* L.; ข้าวโพด) มีบทบาทที่เพิ่มขึ้นและหลากหลายในระบบเกษตรและอาหารโลก การผลิตข้าวโพดทั่วโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาเป็นผลมาจากความต้องการที่เพิ่มขึ้นประกอบกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและการขยายพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเป็นธัญพืชชั้นนำในด้านปริมาณการผลิต และคาดว่าจะกลายเป็นพืชที่ปลูกและซื้อ

ขายกันอย่างแพร่หลาย ข้าวโพดเป็นพืชอเนกประสงค์ใช้เป็นอาหารสัตว์ทั่วโลกเป็นหลักและมีความสำคัญในฐานะพืชอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบแอฟริกาใต้สะฮาราและละตินอเมริกา นอกเหนือจากการนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ที่ไม่ใช่อาหาร การผลิต การบริโภค และการค้าระหว่างประเทศของข้าวโพด มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของภาวะอุปสงค์และอุปทานโลกในช่วง 25 ปีที่ผ่านมาและผลกระทบต่อการวิจัยและพัฒนาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาคือความครอบคลุมและความยั่งยืนของการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของระบบเกษตรและอาหารในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา มีความจำเป็นต้องมีการลงทุนเพิ่มเติมในงานวิจัยและพัฒนาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อเสริมสร้างบทบาทด้านความมั่นคงทางอาหาร การผลิตข้าวโพดและเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตข้าวโพดอย่างยั่งยืน (Erenstein et al., 2022)

นอกจากนี้ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในฐานะพืชผลทางการเกษตร วัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมปศุสัตว์ และเป็นแหล่งพลังงานทดแทน การส่งเสริมและพัฒนาการผลิตข้าวโพดอย่างยั่งยืนจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยให้เติบโตอย่างมั่นคงในระยะยาว และเป็นรากฐานสำคัญในการสร้างความมั่นคงทางอาหารและพลังงานให้กับประเทศ ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่มีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายในหลายพื้นที่ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง เกษตรกรนิยมปลูกข้าวโพดเนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนดี ดูแลรักษาง่าย และสามารถปลูกหมุนเวียนกับพืชชนิดอื่นได้ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการเพาะปลูกพืชเชิงเดี่ยว ในปี 2566 ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 5.08 ล้านตัน จากพื้นที่เก็บเกี่ยว 6.84 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) นอกจากนี้ ข้าวโพดยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับทั้งคนและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมปศุสัตว์ของประเทศไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งความต้องการข้าวโพดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์จึงมีสูงขึ้นตามไปด้วย ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนที่สำคัญสำหรับสัตว์เลี้ยง เช่น ไก่ สุกร และโค การมีแหล่งข้าวโพดที่เพียงพอและมีคุณภาพสูงในประเทศช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์สามารถแข่งขันได้ และส่งผลดีต่อราคาเนื้อสัตว์ในตลาด กรมวิชาการเกษตร ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ เพื่อรองรับความต้องการของอุตสาหกรรมปศุสัตว์ภายในประเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2567) การพึ่งพาวัตถุดิบภายในประเทศยังช่วยลดการนำเข้าและสร้างความมั่นคงทางอาหารให้กับประเทศนอกเหนือจากการเป็นอาหารสัตว์แล้ว ข้าวโพดยังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น การผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่สำคัญ ช่วยลดการพึ่งพาน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ตามรายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ระบุว่า การผลิตเอทานอลจากพืชเกษตร เช่น ข้าวโพด มีส่วนสำคัญในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศ โดยข้อมูล ณ เดือนพฤษภาคม 2567

มีปริมาณการผลิตเอทานอลรวม 3.86 ล้านลิตรต่อวัน ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากข้าวโพด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2567) และยังมีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น แป้งข้าวโพด น้ำมันข้าวโพด และกลูโคส ซึ่งล้วนแต่เป็นส่วนประกอบสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม การนำข้าวโพดมาใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรมเช่นนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของข้าวโพดในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศรษฐกิจไทย

2.2 ลักษณะทางทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชล้มลุกจำพวกหญ้า ปลูกง่าย อายุสั้น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย จัดอยู่ในวงศ์ Gramineae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. และมีชื่อสามัญว่า Corn หรือ Maize จากการศึกษาของ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2558) ได้อธิบายลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพดไว้ดังนี้

ราก: ระบบรากเป็นแบบรากฝอย (fibrous root system) ประกอบด้วยรากที่พัฒนามาจากส่วนแรดิเคิล (radicle) เรียกว่า primary root หรือ first seedling root และรากที่แตกแขนงออกมาเรียกว่า secondary root หรือ lateral root รากที่เกิดจาก scutellar node เรียกว่า seminal root ส่วนรากที่เกิดจากข้อใต้ดินตั้งแต่ coleoptilar node ขึ้นไป เรียกว่า adventitious root และรากที่เกิดจากข้อเหนือดินเรียกว่า รากอากาศ (aerial root, brace root หรือ buttress root)

ลำต้น: ลำต้นข้าวโพด เรียกว่า culm หรือ stalk ตั้งตรงและค่อนข้างกลม ประกอบด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) ข้อประกอบด้วย วงเจริญ (growth ring) ปุ่มกำเนิดราก (root primordia) ตา (bud) และรอยกาบใบ (leaf scar) ปล้องที่อยู่เหนือตามักพบร่องตา (bud groove)

ใบ: ใบเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) ประกอบด้วย กาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบ (leaf collar) มีเยื่อกันน้ำหรือลิ้นใบ (ligule) หูใบหรือเขี้ยวใบ (auricle) ระหว่างฝักกับลำต้นพบส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบแต่ไม่มีเส้นกลางใบ มีลักษณะเป็นสัน 2 สัน เรียกว่า prophyllum

ช่อดอกและดอก: ข้าวโพดเป็นพืชที่มีช่อดอกตัวผู้และช่อดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน แต่อยู่คนละตำแหน่ง เรียกว่า monoecious plant

ช่อดอกตัวผู้ (staminate inflorescence) เป็นแบบ panicle เรียกทั่วไปว่า tassel แกนกลางของช่อดอกเรียกว่า rachis หรือ panicle axis กิ่งที่แตกจาก rachis เรียกว่า primary branch และกิ่งที่แตกจากส่วนของ primary branch เรียกว่า secondary branch กลุ่มดอกย่อย (spikelet) เกิดเป็นคู่บนก้านแขนง มีก้านดอก (pedicelled spikelet) และไม่มีก้านดอก (sessile spikelet) กลุ่มดอกย่อยตัวผู้ (staminate spikelet) มีกลีบหุ้ม 2 กลีบ ได้แก่ กลีบดอกด้านนอก (outer glume) และกลีบดอกด้านใน (inner glume) แต่ละกลุ่มดอกย่อยมีดอกย่อย (floret) 2 ดอก ถูกหุ้มด้วย lemma และ palea ภายในมีเกสรตัวผู้ (stamen) เยื่อรองรังไข่ (lodicule) และ

เกสรตัวเมียที่ไม่ทำหน้าที่ (rudimentary pistil) ช่อดอกตัวผู้ อยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับเกสร (anther) 3 อับ แต่ละอับจะมีเรณูเกสร (pollen grain) ประมาณ 2,500 เมล็ด ดังนั้นข้าวโพดต้นหนึ่งจึงมีเรณูเกสรอยู่เป็นจำนวนหลายล้านและสามารถปลิวไปได้ไกลกว่า 2,000 เมตร

ช่อดอกตัวเมีย (pistillate inflorescence) ช่อดอกตัวเมียเกิดขึ้นตอนข้อกลางๆ ลำต้น ต้นหนึ่งอาจมีหลายช่อแล้วแต่ชนิดพันธุ์ ช่อดอกเป็นแบบ spike ช่อดอกตัวเมียที่รับการผสมแล้ว เรียกว่า ฝัก (ear) แต่ละฝักอาจมีเมล็ดมากถึง 1,000 เมล็ด ใบที่รองรับช่อดอกตัวเมีย เรียกว่า subtending leaf กลุ่มดอกย่อยตัวเมีย (pistillate spikelet) เกิดเป็นคู่เรียงบนแกนกลางช่อดอกที่เรียกว่า ซัง (cob) ดอกย่อยถูกหุ้มด้วย lemma และ palea เรียกรวมว่า chaff ดอกย่อยแต่ละดอกมีเกสรตัวเมีย (pistil) เยื่อรองรังไข่ (lodicule) และเกสรตัวผู้ที่เป็นหมัน (rudimentary stamen) ส่วนของเกสรตัวเมียที่รับละอองเกสรตัวผู้เรียกว่า ไหม (silk) ซึ่งมีความยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร และยื่นปลายโผล่ออกไปรวมกันเป็นกระจุกอยู่ตรงปลายช่อดอกซึ่งมีเปลือกหุ้มอยู่ ดอกพวกนี้พร้อมที่จะผสมพันธุ์ หรือรับละอองเกสรได้เมื่อเส้นไหมโผล่ออกมา หลังจากได้รับการผสม เส้นไหมจะแห้งเหี่ยวและรังไข่เจริญเติบโตเป็นเมล็ดปกติดอกตัวผู้จะบานพร้อมที่จะผสมก่อนดอกตัวเมียดั้งนั้นจึงเป็นพืชที่ผสมข้ามพันธุ์ (cross-pollination) ตามธรรมชาติมีการผสมตัวเอง (self-pollination) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ผลและเมล็ด: ผลเป็นแบบ caryopsis ที่มีเยื่อหุ้มผล (pericarp) ติดอยู่กับเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) เรียกว่า hull เมล็ดประกอบด้วยคัพภะ (embryo) เอนโดสเปิร์ม (endosperm) คัพภะประกอบด้วยส่วนของแรดิเคิล (radicle) พลูมูล (plumule) ใบเลี้ยงที่ไม่มีการพัฒนา (epiblast) และเนื้อเยื่อที่กั้นระหว่างคัพภะกับเอนโดสเปิร์ม (scutellum) บริเวณรอบนอกของเอนโดสเปิร์มมีชั้น aleurone layer ที่ฐานของก้านดอก (pedicel) พบเนื้อเยื่อสีดำเรียกว่า black layer ปรากฏให้เห็นเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา

2.3 การจำแนกชนิดของข้าวโพด

การจำแนกชนิดของข้าวโพดสามารถจำแนกได้หลายชนิดตามลักษณะต่างๆ (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) ดังนี้

1. จำแนกตามคุณสมบัติของแป้งในเมล็ด ในเมล็ดข้าวโพดประกอบด้วยแป้ง 2 ชนิด คือ แป้งแข็ง (Hard starch) และแป้งอ่อน (Soft starch) ทำให้สามารถจำแนกโดยอาศัยตำแหน่งของแป้งแต่ละชนิดและลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดได้ 7 ชนิด คือ ข้าวโพดป่า ข้าวโพดคั่ว ข้าวโพดหัวแข็ง ข้าวโพดหัวบุบ ข้าวโพดแป้ง ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว

2. จำแนกตามองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด สามารถจำแนกได้ 3 ชนิด คือ ข้าวโพดแป้ง ข้าวโพดน้ำมันสูง และข้าวโพดคุณภาพโปรตีนสูง

3. จำแนกตามเขตภูมิอากาศ สามารถจำแนกได้ 3 ชนิด คือ ข้าวโพดในเขตอบอุ่น ข้าวโพดในเขตกึ่งร้อนชื้น และข้าวโพดในเขตร้อน

4. จำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว ข้าวโพดในเขตร้อนโดยเฉพาะที่ปลูกในพื้นที่ราบ สามารถจำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยวได้ 4 ชนิด คือ

(1) พันธุ์อายุสั้นมาก (Extremely early variety) เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 80-90 วัน

(2) พันธุ์อายุสั้น (Early variety) เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 90-100 วัน

(3) พันธุ์อายุปานกลาง (Intermediate variety) เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 100-110 วัน

(4) พันธุ์อายุยาว (Late variety) เก็บเกี่ยวเมื่ออายุมากกว่า 110 วัน

5. จำแนกตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ สามารถจำแนกได้ 4 ชนิด คือ

(1) ใช้เมล็ดสุกแก่ เป็นข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวเมล็ดแก่มาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภคทั้งมนุษย์และสัตว์ หรือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งหรือน้ำมัน

(2) ใช้บริโภคฝักสด เป็นข้าวโพดที่ปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวฝักที่ยังอ่อนไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้แก่ ข้าวโพด ฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียว

(3) ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ เป็นข้าวโพดที่ปลูกแล้วตัดต้นในระยะก่อนแก่ เพื่อนำข้าวโพดทั้งต้นไปทำหญ้าสด (Fodder) หญ้าหมัก (Silage) หรือหญ้าแห้ง (Hay)

(4) ใช้ฝักสำหรับประดับ เป็นข้าวโพดที่เมล็ดบนฝักเดียวกันมีหลายสี เนื่องจากการสะสมสารสี (Pigment) ที่แตกต่างกัน สามารถนำฝักไปประดับตกแต่งได้

3. การปรับปรุงพันธุ์

การปรับปรุงพันธุ์พืชเป็นศาสตร์แห่งการเพิ่มคุณสมบัติทางพันธุกรรมเชิงบวกของพืชให้สูงสุด เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ยังคงเปิดขอบเขตใหม่ในการผลิตทางการเกษตร ความก้าวหน้าทางพันธุศาสตร์และจีโนมิกส์พืช เมื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ ช่วยสนับสนุนการผลิตและการเพาะปลูกพืชที่ต้านทานต่อศัตรูพืชและภัยแล้งให้สูงขึ้น โดย อำนวย (2551) กล่าวว่า วัตถุประสงค์ ของการปรับปรุงพันธุ์หลัก ๆ มี 5 ประการ คือ

1. เพื่อเพิ่มผลผลิต สามารถทำได้โดยการนำพันธุ์เข้ามาจากแหล่งอื่น หรืออาจผสมระหว่างพันธุ์เดิมกับพันธุ์นำเข้ามาใหม่
2. เพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่ดี สำหรับแต่ละท้องถิ่น โดยการให้พันธุ์พืชสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของท้องถิ่นนั้น ๆ และมีผลผลิตที่ดีได้
3. เพื่อให้ได้ลักษณะพันธุ์พืชตามความต้องการทางการเกษตร เช่น ความสูงของต้นขนาด รูปร่างของผล สีผล ความไม่มีเมล็ด คุณภาพโปรตีน เป็นต้น

4. เพื่อให้ได้สายพันธ์ที่ทนทานต่อศัตรูของพืช เช่น โรคและแมลง

5. เพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่ดีคุณภาพสูง โดยเฉพาะคุณค่าทางอาหาร

การปรับปรุงพันธุ์มีปัจจัยที่จำเป็นหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง โดย Oyervides-Garcia, Hallauer, and Cortez-Mendoza (1985) กล่าวว่า สิ่งจำเป็นสำหรับการปรับปรุงพันธุ์คือ ความแปรปรวนทางพันธุกรรม แหล่งพันธุกรรมที่ดีควรมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง และแหล่งที่มีความแปรปรวนสูงที่สุดนั้นได้มาจากต่างถิ่น (exoic) หรือเชื้อพันธุกรรมที่ยังไม่ปรับตัว (unadapted germplasm) เมื่อมีความแปรปรวนเกิดขึ้นแล้ว จะต้องมีการประเมินคุณค่าของการผสมพันธุ์ (breeding value) ของพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงให้สามารถใช้เป็นประชากรที่ปรับตัวดีแล้วได้ (adapted population) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดนั้น มีขั้นตอนที่สำคัญคือ การพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ให้มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี Hallauer (1990) กล่าวว่า ขั้นตอนแรกของการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดคือการเลือกแหล่งพันธุกรรม ซึ่งแหล่งเริ่มต้นแหล่งแรกคือ พันธุ์ผสมเปิด และแหล่งต่อมาที่ได้รับความสนใจจากนักปรับปรุงพันธุ์คือ พันธุ์สังเคราะห์ ซึ่งคาดว่าจะใช้กันมากในอนาคต นอกจากนี้พันธุ์ลูกผสมก็ใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมได้ การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดให้ได้สายพันธุ์ที่ดีเป็นวิธีการที่ต้องใช้ระยะเวลานานและมีการปฏิบัติที่ค่อนข้างยุ่งยากดังนั้นการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดจำเป็นต้องหาประชากรพื้นฐานเป็นแหล่งพันธุกรรมและสร้างสายพันธุ์แท้เพื่อใช้ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมต่อไป

3.1 การสร้างสายพันธุ์แท้

สายพันธุ์แท้ คือ สายพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจากการผสมพันธุ์ตัวเองซ้ำๆ ซึ่งทำให้มีลักษณะทางพันธุกรรมแบบ โฮโมไซกัส (Homozygous) หรือมียีนที่เหมือนกันทั้งสองชุดในแต่ละคู่ของโครโมโซม เมื่อนำไปผสมพันธุ์ต่อๆ ไป ลูกหลานที่ได้จะมีลักษณะทางพันธุกรรมที่คงที่และไม่เปลี่ยนแปลง ส่งผลให้มีลักษณะทางกายภาพที่สม่ำเสมอสายพันธุ์แท้จึงเป็นเหมือน "พ่อแม่พันธุ์" ที่มีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมสูง เหมาะสำหรับการนำไปใช้ปรับปรุงพันธุ์พืชต่อไป ซึ่งสายพันธุ์พืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแบบโฮโมไซกัส (Homozygous) หมายความว่ายีนในแต่ละตำแหน่งของโครโมโซมคู่จะเหมือนกันทั้งสองชุด ทำให้เมื่อนำไปผสมพันธุ์ตัวเอง (Selfing) ในรุ่นต่อๆ ไป ลักษณะต่างๆ จะยังคงที่และไม่เกิดการแยกตัวของยีนเหมือนในพันธุ์ลูกผสม ตามข้อมูลระบุว่าการพัฒนาพันธุ์แท้สามารถทำได้หลายวิธี รวมถึงการใช้เทคโนโลยีดับเบิลแฮพลอยด์ (DH) ซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากในปัจจุบัน

พันธุ์แท้มีประโยชน์อย่างมากในวงการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง การสร้างพันธุ์ลูกผสม สายพันธุ์แท้เป็นเสมือน "พ่อแม่พันธุ์" ที่นักปรับปรุงพันธุ์ใช้ในการสร้างพันธุ์ลูกผสม (Hybrid) ซึ่งการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงจะทำให้พันธุ์ลูกผสมที่ได้มีผลผลิตสูงซึ่งจะแสดงปรากฏการณ์ Heterosis หรือความแข็งแรงของลูกผสมที่เหนือกว่าพ่อแม่พันธุ์ อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาการผลิต ปัจจุบันมีการพัฒนา

สายพันธุ์แท้ ทั้งการปรับปรุงพันธุ์มาตรฐาน (Conventional breeding) และการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)

3.2 การพัฒนาพันธุ์ลูกผสม

พันธุ์ลูกผสม (hybrid variety) หมายถึงลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ที่มาจากการผสมข้ามระหว่างพ่อแม่ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน โดยมีการควบคุมการผสมเกสรเพื่อป้องกันการผสมตัวเองในต้นแม่ สำหรับในความหมายที่แคบลง ลูกผสมหมายถึง เฉพาะลูกผสมชั่วที่ 1 ที่มาจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่เป็นสายพันธุ์แท้ ดังนั้นลูกผสมที่แท้จริง (true hybrid) จึงหมายถึงลูกผสมเดี่ยว (single cross) ที่มาจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่เป็นสายพันธุ์แท้ (pure line) เท่านั้น กฤษฎา (2556) ลูกผสมเดี่ยว คือลูกผสมที่เกิดจากการนำพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่เป็นสายพันธุ์แท้ (inbred lines) มาผสมกันโดยตรงเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่ได้รับความนิยมอย่างสูงเนื่องจากให้ผลผลิตที่มี ความสม่ำเสมอ (uniformity) สูง และมีความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) หรือที่เรียกว่า hybrid vigor ซึ่งข้อดีของลูกผสมเดี่ยวจะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอทั้งในด้านรูปร่าง ขนาด และระยะเวลาการ เก็บเกี่ยว เนื่องจากพันธุกรรมที่สม่ำเสมอ (Hallauer & Miranda, 1988) ความสม่ำเสมอที่ได้นี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการแปลงปลูก วางแผนการเก็บเกี่ยว และการตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ลูกผสมเดี่ยวยังแสดงออกถึงปรากฏการณ์ heterosis ที่เด่นชัด ทำให้ลูกผสมมีลักษณะที่ดีกว่าพ่อและแม่พันธุ์ เช่น ให้ผลผลิตสูงกว่าเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ทนทานต่อโรคและแมลงได้ดีกว่า และเติบโตได้เร็วกว่า (Phillips, 2014) ลักษณะเหล่านี้ทำให้ลูกผสมเดี่ยวสามารถเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้อย่างคุ้มค่า ตัวอย่างที่ชัดเจนคือข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองหลายเท่าตัว (Russell and Hallauer, 1980)

4. การพัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดโดยวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐาน (conventional breeding)

การพัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดโดยวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐาน มีวิธีการสำคัญ คือ การผสมตัวเองเพื่อสร้างสายพันธุ์แท้ (inbreeding) และการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ต้องการอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะตรงตามความต้องการ วิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชแบบมาตรฐานมีหลายวิธีที่สำคัญ ขึ้นอยู่กับลักษณะที่ต้องการปรับปรุง เช่น การคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line selection) การคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ (mass selection) การผสมกลับ (backcross method) และการคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection) (วรรธนสำโรง, 2548) กระบวนการปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐานนั้นต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน เช่น ต้องการข้าวโพดที่ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคและแมลง หรือทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยกระบวนการเริ่มต้นจากการสร้างและรวบรวมความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic Variation) ซึ่งทำได้โดยการรวบรวมพันธุ์

(collection/introduction) ที่มีลักษณะเด่นจากแหล่งต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกประเทศมาใช้เป็นพ่อแม่สำหรับการผสมพันธุ์ โดยพันธุ์ที่นำมาต้องปราศจากโรคและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้หรือใช้วิธีการผสมข้ามพันธุ์ (hybridization) ระหว่างข้าวโพดที่มีลักษณะเด่นต่างกัน เพื่อให้ได้ประชากรที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนที่สำคัญที่สุดคือการคัดเลือก (Selection) ซึ่งต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของนักปรับปรุงพันธุ์ในการสร้างสายพันธุ์แท้ (inbred line) เพื่อใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเชิงพาณิชย์ จะใช้วิธีการผสมตัวเองซ้ำๆ (recurrent self-pollination) เป็นการคัดเลือกและผสมพันธุ์ซ้ำกันเป็นรอบต่อเนื่องยาวนานถึง 6-10 ชั่วรุ่น เพื่อให้ได้ข้าวโพดที่มีพันธุกรรมใกล้เคียงกันมากที่สุดและมีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม การคัดเลือกในขั้นตอนนี้จะเน้นไปที่ลักษณะเชิงปริมาณที่ต้องการ เช่น ความสูงของต้น ขนาดของฝัก หรือความต้านทานต่อโรค หลังจากได้สายพันธุ์แท้แล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการประเมิน (Evaluation) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสายพันธุ์เหล่านั้นในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เพื่อดูว่าสายพันธุ์แท้แต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการจริงหรือไม่และมีความคงที่ก่อนจะถึงขั้นตอนที่การปล่อยพันธุ์ (Release) หรือนำสายพันธุ์แท้ที่คัดเลือกมาใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วแรก (F1-hybrid cultivar) ซึ่งการสร้างสายพันธุ์แท้ในข้าวโพดนั้นเป็นเรื่องท้าทายเนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชผสมข้ามทำให้เกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง การทำให้เกิดความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมจึงต้องใช้เวลานาน (Acquaah, 2012)

การสร้างสายพันธุ์แท้เพื่อใช้ในการสร้างลูกผสมมีอยู่หลายวิธีได้แก่ การผสมตัวเอง (Selfing) เป็นการผสมละอองเกสรในต้นเดียวกัน การผสมกันในหมู่เครือญาติ (Sib Mating) เป็นการผสมข้ามระหว่างต้นที่มีความสัมพันธ์ทางเครือญาติใกล้ชิด การผสมกลับ (Backcrossing) การคัดเลือกพันธุ์แบบบันทึกประวัติ (Pedigree method) เป็นการคัดเลือกภายในประชากรสำหรับสร้างสายพันธุ์แท้จะทำการคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การคัดเลือกแบบไม่ทดสอบรุ่นลูกและการคัดเลือกแบบมีการทดสอบรุ่นลูก การทดสอบสายพันธุ์ (Combining Ability Test) เมื่อผสมตัวเองไปได้ 2-3 ชั่วรุ่น จะมีการทดสอบสายพันธุ์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปที่ดี (general combining ability) สำหรับการสกัดสายพันธุ์แท้ต่อไป วิธีทอปครอส (Top Cross) ใช้ในการทดสอบความสามารถในการรวมตัวทั่วไป วิธีไดแอลลีลครอส (Diallel Cross) ใช้ทดสอบความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของสายพันธุ์แท้ที่ได้เพื่อหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสายพันธุ์พ่อและแม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วแรกเชิงการค้า

5. การพัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดวิธีดับเบิ้ลแฮพลอยด์โดยใช้แฮพลอยด์อินดิวเซอร์

การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวโพดแท้ด้วยเทคนิค ดับเบิ้ลแฮพลอยด์ (Double Haploid) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะในบริษัทเอกชนชั้นนำและหน่วยงานภาครัฐในต่างประเทศวิธีนี้ช่วยให้ได้สายพันธุ์ที่มีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม (homozygous) ถึง 100% ภายในระยะเวลาอันสั้นเพียง 2-3 ฤดูปลูก ซึ่งเร็วกว่าวิธีพัฒนาสายพันธุ์แท้อื่นๆ หลักการสำคัญของวิธีดับเบิ้ลแฮพลอยด์คือการชักนำให้เกิดเมล็ดแฮพลอยด์ (haploid) โดยใช้สายพันธุ์ที่เรียกว่า แฮพลอยด์อินดิวเซอร์ (haploid inducer) จากนั้นจึงเพิ่มจำนวนโครโมโซมในเมล็ดแฮพลอยด์เหล่านั้น เพื่อให้ได้สายพันธุ์ดับเบิ้ลแฮพลอยด์ที่มีชุดโครโมโซมครบสมบูรณ์และมีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมสูง ซึ่งกระบวนการพัฒนาสายพันธุ์แท้ด้วยวิธีดับเบิ้ลแฮพลอยด์มี 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

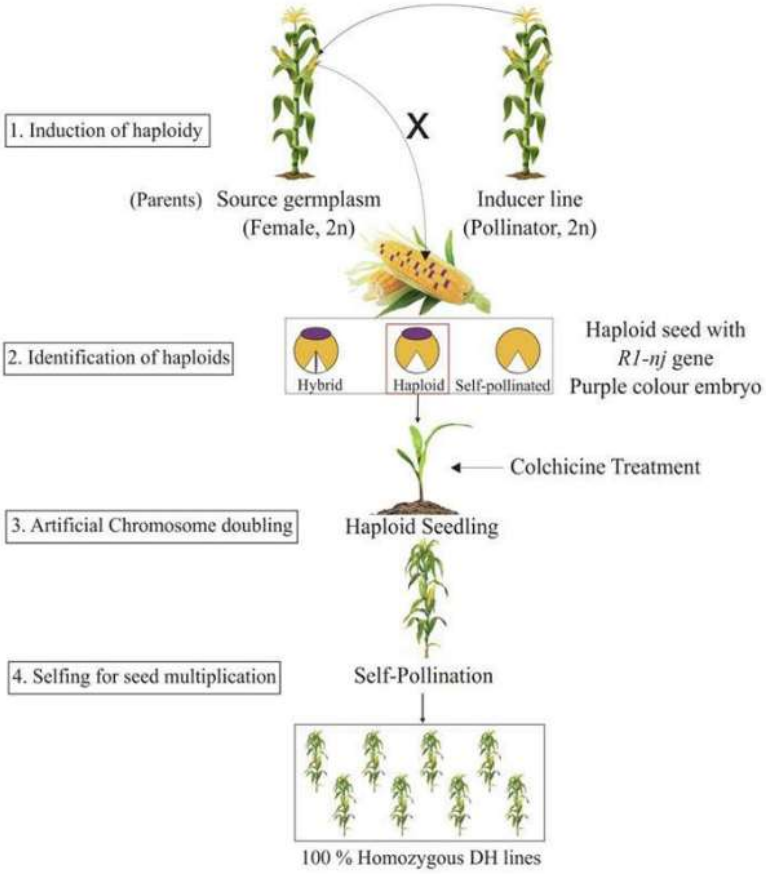
1) การผสมพันธุ์ คือผสมพันธุ์ระหว่างประชากรหรือเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดที่ต้องการพัฒนาสายพันธุ์แท้ กับสายพันธุ์แฮพลอยด์อินดิวเซอร์ โดยให้แฮพลอยด์อินดิวเซอร์ทำหน้าที่เป็นพ่อ

2) การคัดเลือกเมล็ดแฮพลอยด์ คัดเลือกเฉพาะเมล็ดแฮพลอยด์ที่ได้จากการผสม โดยสังเกตลักษณะพิเศษคือ เมล็ดแฮพลอยด์จะมีสีม่วงที่ด้านบนของเอนโดสเปิร์ม ในขณะที่เอ็มบริโอจะมีสีขาว

3) การเพิ่มชุดโครโมโซม นำเมล็ดแฮพลอยด์ที่คัดเลือกได้มาเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมโดยใช้สารเคมีเพื่อให้ได้ต้นไดแฮพลอยด์ (dihaploid) ที่มีชุดโครโมโซมครบถ้วนและสมบูรณ์

4) การเก็บเกี่ยวเมล็ด D1 นำต้นไดแฮพลอยด์ที่ได้ไปปลูกและทำการผสมตัวเอง (self-pollination) เพื่อเก็บเมล็ด เมล็ดที่ได้นี้เรียกว่า เมล็ด D1 ซึ่งจะเป็นเมล็ดที่มีระดับความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม (homozygous) 100% (Prasana et al., 2012)

เทคโนโลยีดับเบิ้ล-แฮพลอยด์ (DH) คือกระบวนการสร้างสายพันธุ์แท้ในเวลาอันสั้นโดยเริ่มจากการผสมต้นแม่พันธุ์กับต้นพ่อพันธุ์พิเศษ (Inducer line) เพื่อให้ได้เมล็ดที่มี เอ็มบริโอแฮพลอยด์ที่มีโครโมโซมจากต้นแม่เพียงชุดเดียว จากนั้นจึง คัดแยกเมล็ดแฮพลอยด์ ออกจากเมล็ดปกติโดยใช้ยีนเครื่องหมาย R1-nj ที่ทำให้เอ็มบริโอเป็นสีม่วงเฉพาะในลูกผสมเท่านั้น เมื่อได้ต้นอ่อนแฮพลอยด์แล้วจะใช้สาร โคลซิซีน (Colchicine) เพื่อเพิ่มจำนวนโครโมโซมให้เป็นสองเท่าทำให้ได้ต้นพืชที่เป็นสายพันธุ์แท้ 100% และสุดท้ายจะผสมตัวเองเพื่อขยายพันธุ์ให้ได้เมล็ดจำนวนมากสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป (ภาพที่ 1)



ที่มา: Indu et al. (2023)

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพด โดยวิธีการดับเบิ้ลแฮพลอยด์

การพัฒนาสายพันธุ์แท้ด้วยวิธี DH มีข้อดีที่สำคัญคือช่วยให้การคัดเลือกยีนที่ต้องการโดยใช้เครื่องหมายทางพันธุกรรม (Marker-assisted selection) มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากสามารถคัดเลือกยีนที่ต้องการในระยะแฮพลอยด์ ซึ่งเมื่อโครโมโซมเพิ่มจำนวนขึ้นแล้ว ยีนเหล่านั้นจะแสดงออกมาอย่างสมบูรณ์ ทำให้สามารถกำจัดยีนที่ไม่ต้องการและเพิ่มยีนที่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็ว สายพันธุ์แท้ที่ได้จากกระบวนการ DH จะมีลักษณะทางพันธุกรรมที่คงที่และไม่เปลี่ยนแปลงในรุ่นต่อๆ ไป (หากไม่มีการกลายพันธุ์) ซึ่งแตกต่างจากการผสมพันธุ์แบบดั้งเดิมที่อาจยังคงมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อผสมตัวเองในรุ่นต่อมา ทำให้สายพันธุ์ DH เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดและพืชอื่นๆ (Ye et al., 2008)

สุขสาคร และคณะ (2566) พัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้วิธีดับเบิ้ลแฮพลอยด์ โดยใช้แฮพลอยด์อินดิวเซอร์สายพันธุ์กลายจากการชักนาการเกิดแฮพลอยด์ที่ผ่านการฉายรังสี สายพันธุ์ R360-MS2 ผสมข้ามระหว่างสายพันธ์ชักนาการเกิดแฮพลอยด์ (R360-MS2) กับข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว จำนวน 7 พันธุ์ ได้แก่ NK6253, DK9950, S7328, DK9919C, PAC339, Suwan 5720 และ

คู่ผสม Ki 58 x Ki 59 ได้จำนวนฝักผสมข้ามทั้งหมด 42 ฝัก มีจำนวนเมล็ดทั้งหมด 4,343 เมล็ด และเมื่อใช้เครื่องหมายทางฟีโนไทป์ (*R1-nj*) สามารถคัดแยกเมล็ดแฮพลอยด์ (n) ออกจากเมล็ดดิพลอยด์ได้ โดยมีเมล็ดแฮพลอยด์ทั้งหมด 268 เมล็ด เมื่อคิดเป็นอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ อยู่ระหว่าง 3.74 - 9.20 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ระหว่างสายพันธุ์และลูกผสมชักนำการเกิดแฮพลอยด์ที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาใหม่นี้มีอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์ในระดับที่ดีกว่าพันธุ์ Stock 6 ในงานของ Coe (1959) ที่ใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมซึ่งมีอัตราชักนำการเกิดแฮพลอยด์เพียง 2.3 เปอร์เซ็นต์

Cengiz และ Korkut (2020) พัฒนาสายพันธุ์แท้ข้าวโพดวิธีดับเบิ้ลแฮพลอยด์ (DH) โดยใช้เทคนิคการชักนำแฮพลอยด์ในสภาพพืชมีชีวิตหรือที่เรียกว่า In vivo haploid technique เป็นการเหนี่ยวนำแฮพลอยด์จากแม่พันธุ์ (gynogenesis) เพื่อสร้างสายพันธุ์ดับเบิ้ลแฮพลอยด์ จากเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดชั้นดีที่ปรับตัวเข้ากับประเทศตุรกี โดยใช้แฮพลอยด์อินดิวเซอร์เขตหนาว (temperate haploid inducers) ได้แก่ RWS, RWK-76, RWS × RWK-76 และ WS14 และใช้ข้าวโพดสายพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว 30 สายพันธุ์ เป็นแหล่งพันธุกรรม เมล็ดที่คาดว่าจะเป็นแฮพลอยด์ถูกคัดเลือกโดยอาศัยการแสดงออกของเครื่องหมายสีแอนโทไซยานิน R1-nj พบว่า สายพันธุ์ RWK-76 ให้อัตราการชักนำแฮพลอยด์สูงสุด 20.42% ในขณะที่ WS14 ให้อัตราต่ำที่สุด 17.75% เมล็ดแฮพลอยด์ที่คัดเลือกได้ถูกนำไปเพาะให้งอก และต้นกล้าได้รับสารละลายโคลซิซีน (colchicine) ความเข้มข้น 0.06% ร่วมกับไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethylsulfoxide) ความเข้มข้น 0.5% หลังจากนั้นได้ย้ายต้น D0 จำนวน 2,178 ต้น จากทั้งหมด 3,012 ต้น ต้นกล้าที่ย้ายปลูกมีอัตราการรอดชีวิต 89% และ 57% ของต้นที่รอดนั้นสามารถให้ผลผลิต (fertile) ได้ กระบวนการผสมตัวเอง (Inbreeding) ประสบความสำเร็จใน 31.23% แต่ต้นที่ให้ผลผลิตมีเพียง 7.8% ของต้นที่ผสมตัวเองสำเร็จเท่านั้น ส่งผลให้การศึกษานี้สามารถพัฒนาสายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์ (DH) จำนวน 27 สายพันธุ์

จากการสังเกตการแสดงออกของเครื่องหมายพันธุกรรมสีแอนโทไซยานิน R1-nj ซึ่งเป็นยีนที่ทำให้เกิดการแสดงออกของสีแอนโทไซยานิน (สีแดง-ม่วง) บริเวณส่วนยอดของเอนโดสเปิร์มและในส่วนของเอ็มบริโอ ซึ่งพบว่าเมล็ดที่ได้จากการผสมข้ามเพื่อชักนำแฮพลอยด์ เมล็ดที่ได้สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทที่แตกต่างกัน โดยในเมล็ดดิพลอยด์ปกติหรือเมล็ดลูกผสม เอนโดสเปิร์มและเอ็มบริโอจะมีสีม่วง ในขณะที่เมล็ดแฮพลอยด์ที่คาดว่าเป็นไปได้นั้น เอนโดสเปิร์มจะมีสีม่วงแต่เอ็มบริโอจะไม่มีสี นอกจากนี้ในเมล็ดที่มีเอนโดสเปิร์มแบบดิพลอยด์ เอนโดสเปิร์มจะไม่มีสี แต่เอ็มบริโอจะมีสี สำหรับเมล็ดที่คาดว่าเป็นเมล็ดผสมข้าม (outcross) ทั้งเอ็มบริโอและเอนโดสเปิร์มจะไม่มีสี เมล็ดที่ได้จากการผสมข้ามจะถูกจำแนกตามเกณฑ์เหล่านี้ (ภาพที่ 2)

ที่มา: Cengiz and Korkut (2020)

ภาพที่ 2 การระบุเมล็ดแฮพลอยด์โดยอาศัยการแสดงออกของยีน R1-nj ที่ควบคุมลักษณะการแสดงออกสีม่วงของแอนโทรไซยานิน

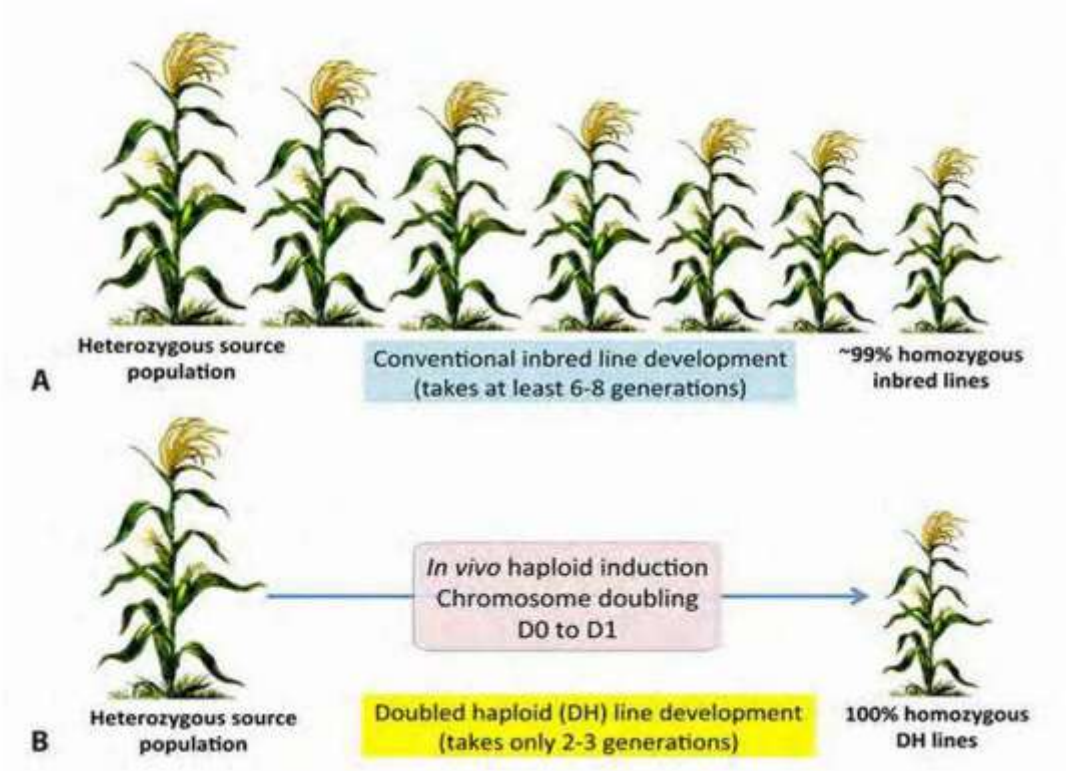
ตารางที่ 1 อัตราการชักนำการเกิดแฮพลอยด์ (HIR) คำนวณจากเครื่องหมายทางฟีโนไทป์ (*R1-nj*)

Hybrid	Total kernel	Haploid kernel	Haploid induction rate (%)
NK6253	802	30	3.74
DK9950	409	30	7.33
S7328	2,134	143	6.70
DK9919C	473	30	6.34
PAC789	87	8	9.20
Suwan 5720	308	19	6.17
Ki58/Ki59	130	8	6.15
Total	**4,343**	**268**	**6.17**

ที่มา: สุขสาคร และคณะ (2566)

6. การเปรียบเทียบระหว่างการพัฒนาสายพันธุ์แท้ด้วยวิธีปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐานกับวิธีคับเบิ้ลแฮพลอยด์

การพัฒนาสายพันธุ์แท้โดยการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม สิ้นเปลืองเวลาและใช้แรงงานมาก เนื่องจากต้องมีการผสมตัวเอง (selfing) ซ้ำๆ เป็นเวลา 6-7 ชั่วรุ่น เพื่อให้ได้สายพันธุ์สายพันธุ์แท้ ที่มีระดับความคงตัวทางพันธุกรรม (homozygosity) ถึง 99% (Chaikam et al., 2019) ในทางตรงกันข้าม เทคโนโลยี Double Haploid (DH) สามารถพัฒนาสายพันธุ์ที่มีระดับความคงตัวทางพันธุกรรม (homozygosity) 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ในเวลาเพียง 2-3 ชั่วรุ่น เท่านั้น ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ลงได้อย่างมากและวิธีนี้ช่วยให้สามารถนำสายพันธุ์ไปทดสอบและประเมินผลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น (ภาพที่ 3) เป็นการปรับปรุงพันธุ์พืชที่มุ่งลดระยะเวลาในการสร้างสายพันธุ์แท้ (inbred lines) ให้สั้นลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับวิธีการผสมตัวเอง (selfing) แบบดั้งเดิม ซึ่งต้องใช้เวลาหลายชั่วรุ่น (generation) กว่าจะได้สายพันธุ์แท้ที่บริสุทธิ์และมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกันทุกประการ (ศฎาวุฒิ และคณะ, 2562)



ที่มา: Sharma *et al.* (2024)

ภาพที่ 3 จำนวนชั่วรุ่นที่ใช้เพื่อให้ได้ความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม

7. การสร้างลูกผสมเดี่ยวจากสายพันธุ์แท้ที่พัฒนาด้วยวิธีดับเบิลแฮพลอยด์

ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวเกิดจากการผสมระหว่างข้าวโพดสายพันธุ์แท้ 2 สายพันธุ์ เป็นลูกผสมที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสมชนิดอื่นๆ สุขสาคร และคณะ (2566) สร้างลูกผสมเดี่ยวและการปลูกทดสอบผลผลิต จากสายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์ จำนวน 7 สายพันธุ์ นำมาผสมพันธุ์แบบไดอัลลีลตามแบบของ Griffing วิธีที่ 4 ได้ลูกผสมเดี่ยวจำนวน 21 คู่ผสม แล้วนำไปปลูกทดสอบผลผลิตร่วมกับพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวร่วมทดสอบ (checks) จากภาครัฐและภาคเอกชน จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ PAC789 S7328 Suwan 5720 Suwan 5821 และ NS5 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตรจำนวน 6 ลักษณะ ได้แก่ ผลผลิต วันออกดอกตัวผู้ วันออกไหม ความสูงต้น ความสูงฝัก และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ พบว่า ผลผลิตข้าวโพดลูกผสมมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 543 - 2,176 กิโลกรัมต่อไร่ โดยคู่ผสมที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงได้แก่ DH1 x DH7 (2,176 กก./ไร่) ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ NS5 (1,758 กก./ไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ DH2 x DH6 (2,145 กก./ไร่), DH2 x DH5 (2,127 กก./ไร่) และ DH1 x DH4 (2,125 กก./ไร่) ขณะที่พันธุ์ Suwan 5720 (2,020 กก./ไร่) S7328 (1,928 กก./ไร่) PAC789 (1,844 กก./ไร่) Suwan 5821 (1,806 กก./ไร่) และ NS5 (1,758 กก./ไร่) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุด 4 คู่ผสม และพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวร่วมทดสอบแสดงใน (ตารางที่ 2) วันออกดอกตัวผู้ (anthesis) วันออกไหม (silking) ความสูงต้น (plant height) ความสูงฝัก (ear height) และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ (shelling) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.0.01$) วันสลัดละอองเกสร 50 เปอร์เซ็นต์ ของสายพันธุ์ลูกผสมทั้ง 4 คู่ผสม อยู่ในช่วง 74-77 วัน และวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 74-78 วัน ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ มีวันออกดอกตัวผู้และวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เท่ากัน อยู่ในช่วง 73-78 วัน ซึ่งคู่ผสมทั้ง 4 คู่ผสม และพันธุ์เปรียบเทียบมีช่วงของระยะการสลัดละอองเกสรและวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์วันเดียวกันหรือห่างกัน 1 วัน โดยการผสมเกสรจะสมบูรณ์และติดเมล็ดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเวลาที่ดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย anthesis to silking interval (ASI) บานพร้อมที่ผสมเกสรได้ ระยะเวลาที่ดีควรมี ASI น้อย ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการให้ผลิตที่สูง ลักษณะความสูงต้นและลักษณะความสูงฝัก พบว่า คู่ผสม DH1 x DH7 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 229 และ 130 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ Suwan 5720 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 219 และ 124 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดของคู่ผสมทั้ง 4 คู่ผสม อยู่ในช่วง 81.7 - 84.7 เปอร์เซ็นต์ พบว่าคู่ผสม DH1 x DH4 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 84.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ Suwan 5720, S7328, Suwan 5821 และ NS5 พันธุ์อายุเก็บเกี่ยวสั้น 95-100 วัน ให้ค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 77.2, 79.2, 80.2 และ 76.9 ตามลำดับ แต่น้อยกว่า พันธุ์ PAC 789 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมที่ดีที่สุด 4 สายพันธุ์จากชุดผสมพันธุ์แบบไดแอลเลล และพันธุ์เปรียบเทียบ 5 พันธุ์

Entry	Grain yield	Day to		Height		Shelling
		anthesis	silking	plant	ear	
	(kg/rai)	(d)	(d)	(cm)	(cm)	(%)
DH1 x DH7	2176	77	78	229	130	81.7
DH2 x DH6	2145	76	76	201	101	82.6
DH2 x DH5	2127	76	76	205	99	83.1
DH1 x DH4	2125	74	74	215	116	84.7
Suwan 5720	2020	75	75	219	124	77.2
S7328	1928	78	78	205	118	79.2
PAC789	1844	74	74	191	91	85.0
Suwan 5821	1806	78	78	205	120	80.2
NS5	1758	73	73	196	105	76.9
F-test	**	**	**	**	**	**
LSD (0.05)	375	1.8	2.7	20.6	14.8	1.2
CV (%)	10.97	1.1	1.7	5.0	3.6	0.7

** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงถึงการไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ที่มา: สุขสาคร และคณะ (2566)

8. สรุปผล

การพัฒนาสายพันธุ์แท้เป็นขั้นตอนสำคัญในการสร้างข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวที่ให้ผลผลิตสูงและมีความสม่ำเสมอ การปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐาน (Conventional breeding) ต้องใช้การผสมตัวเองซ้ำหลายชั่วรุ่น ใช้เวลานานถึง 5–10 ปี ขณะที่เทคโนโลยีดับเบิ้ลแฮพลอยด์ (Double Haploid: DH) สามารถสร้างสายพันธุ์แท้ที่มีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ภายในเวลาเพียง 1–2 ชั่วรุ่น ช่วยลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากสายพันธุ์แท้จำนวน 7 สายพันธุ์ ที่พัฒนาโดยวิธี DH นำไปผลิตลูกผสมเดียวแล้วทดสอบผลผลิตร่วมกับพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวจากภาครัฐและเอกชน พบว่าลูกผสมเดี่ยวจำนวน 21 คู่ผสม ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 543–2,176 กิโลกรัมต่อไร่ โดยคู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุด DH1 × DH7 (2,176 กิโลกรัมต่อไร่) DH2 × DH6 (2,145 กิโลกรัมต่อไร่) DH2 × DH5 (2,127 กิโลกรัมต่อไร่) และ DH1 × DH4 (2,125 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งมีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวร่วมทดสอบจากภาครัฐ Suwan 5720 Suwan 5821 และ NS5 มีผลผลิต 2,020 1,806 และ 1,758 กิโลกรัมต่อไร่ และพันธุ์ลูกผสมจากภาคเอกชน PAC789 และ S7328 มีผลผลิต 1,844 และ 1,928 กิโลกรัมต่อไร่

9. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2567. รายงานผลการดำเนินงาน ปีงบประมาณ 2567. แหล่งที่มา: https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2024/09/67-report.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2568.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2551. การปรับปรุงพนัธุ์พืช: พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. ภาควิชา พืช ไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ และ เกตุอร ทองเครือ. 2561. การปลูกข้าวโพด. แหล่งที่มา: http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/corn2.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2568.

ฝ่ายปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์พืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2557). คู่มือการปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์พืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วรรธนสำโรง อิ่มประไพ. 2548. หลักการและวิธีการปรับปรุงพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศฎาวุฒิ กุลมณี, ประภา ศรีพิจิตต์, สุจินต์ เจนวีรวัฒน์ และ ธานี ศรีวงศ์ชัย. 2562. ประสิทธิภาพการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดด้วยวิธีดับเบิ้ลแฮพลอยด์ฝักต่อหลุมประยุกต์และบันทึกประวัติเพื่อพัฒนาสายพันธุ์แท้และพันธุ์ลูกผสม. วารสารแก่นเกษตร 47(1): 133–140.

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2558. ผลงานตีพิมพ์บุคลากร. แหล่งที่มา: https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=8879. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม 2568.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. รายงานภาวะเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา: https://oae.go.th/home/article/474. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2568.

สุขสาคร โกปาราเมศ, ชูศักดิ์ จอมพุก และ พีรนุช จอมพุก. (2566). การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม โดยใช้สายพันธุ์ดับเบิลแฮพลอยด์. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 20 7-8 ธันวาคม 2566. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

Acquaah, G. 2012. Principles of plant genetics and breeding (2nd ed.). John Wiley and Sons, Ltd.

Wiley-Blackwell.Cengiz, R., and Korkut, K. Z. (2020). Development of doubled haploid maize lines by using in vivo haploid technique. Biotech Studies 29(1): 1–7.

Chaikam, V., M. Molenaar, A. E. Melchinger, and M. B. Prasanna. 2019. Double haploid technology for line development in maize: Technical advances and prospects. Theoretical and Applied Genetics 132: 3227-3243.

Chaikam, V., W. Molenaar, A. E. Melchinger, B. M. Prasanna. 2019. Doubled haploid technology for line development in maize. Technical advances and prospects. Theoretical and Applied Genetics 132(11): 3227–3243.

Erenstein, O., M. Jaleta, and K. Sonder. 2022. Global maize production, consumption, and trade: Trends and R and D implications. Food Security 14: 1295–1319.

Forster, B. P., E. Heberle-Bors, K. J. Kasha, K. and A. Touraev. 2007. The resurgence of haploids in higher plants. Trends in Plant Science 12(8): 368–375.

Hallauer, A. R. 1990. Germplasm sources and strategies for maize breeding. Maydica 35(1): 1–10.

Hallauer, A. R., and J. B. Miranda. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press.

Indu, V., V. K. Meena, R. Saroj, M. K. Patel, D. Sharma, S. Chand, R. Chaudhary, R. K. Singhal, R. Rani, and A. Dadheech. 2023. Doubled-Haploid Technology in Maize (Zea mays L.) and Its Practical Implications in Modern Agriculture. In M. K. Patel and V. K. Meena (Eds.), Doubled-Haploid Technology in Maize (Zea mays L.) and Its Practical Implications in Modern Agriculture.

Kopp, C. M. 2024. The World's 6 Biggest Corn Producers. Investopedia. Available source: https://www.investopedia.com/articles/markets-economy/090316/6-countries-produce-most-corn.asp Accessed 12 Aug. 2025.

Oyervides-Garcia, M., A. R. Hallauer, and H. Cortez-Mendoza. 1985. Evaluation of improved maize populations in Mexico and the U.S. Corn Belt. Crop Science 25(1): 115–120.

Phillips, R. L. 2014. The genetics of corn. In J. E. P. Santos (Ed.), Physiology of Corn. The American Society of Agronomy. 1-28.

Prasanna, B. M., V. Chaikam, and G. Mahuku. 2012. Double Haploid Technology in Maize Breeding: Theory and Practice. CIMMYT.

Prasanna, B. M., V. Chaikam, and G. Mahuku. 2021. Doubled haploid technology in maize breeding: Theory and practice. CIMMYT. Available source: https://repository.cimmyt.org/handle/10883/21358. Accessed 21 Jul. 2025.

Russell, W. A., and A. R. Hallauer. 1980. Corn breeding. In W. M. Hess & A. R. Hallauer (Eds.), Principles of crop production. Iowa State University Press.

Samphantharak, K. 2008. Plant breeding: fundamentals, methods and concepts. Bangkok: Kasetsart University. 119-141.

Sharma, P., N. Singh, S. Verma, M. C. Kamboj, and K. Jangid. (2024). *In vivo* double haploid technology in maize: Advances, methods, and application in breeding. Agriculture Association of Textile Chemical and Critical Reviews Journal 263-272.

Ye, Y. M., J. W. Zhang, G. G. Ning, and M. Z. Bao. 2008. A comparative analysis of the genetic diversity between inbred lines of Zinnia elegans using morphological traits and RAPD and ISSR markers. Scientia Horticulturae 118(1): 1–7.