บทที่ 2
ปฏิบัติการเรื่อง ข้าวโพด

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้นักศึกษารู้จักลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของข้าวโพด
2. เพื่อให้นักศึกษาจำแนกประเภทข้าวโพดชนิดต่างๆ ได้
3. เพื่อให้นักศึกษาบอกความแตกต่างของข้าวโพดพันธุ์ต่าง ๆ ได้

วัสดุอุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ (Sterio micriscope)
2. ตัวอย่างต้นข้าวโพดสายพันธุ์ต่าง ๆ
3. แผนภาพ
4. จานแก้ว (Petri disc)
5. ใบมีด
6. เข็มเขี่ย

ข้าวโพดเป็นพืชในเผ่า (tribe) *Maydeae* ซึ่งลักษณะสำคัญของพืชในเผ่านี้คือ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) ข้าวโพดซึ่งเป็นพืชปลูกเพียงชนิดเดียวในเผ่านี้ จะมีช่อดอกตัวผู้ทางปลายยอด และมีช่อดอกตัวเมียอยู่บนแกน ซึ่งแตกจากด้านข้างของลำต้น การที่ดอกอยู่แยกกันเช่นนี้อีกทั้งการที่ดอกตัวผู้โปรยละอองเกสรก่อนที่ stigma ของดอกตัวเมียแก่พร้อมจะผสมทำให้ดอกตัวเมียส่วนใหญ่จะถูกผสมข้ามต้น

ข้าวโพดแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้หลายกลุ่ม ตามความแตกต่างในลักษณะของเมล็ด คือ เป็นข้าวโพดไร่ชนิดหัวบุบ (dent corn) ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง (flint corn) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ข้าวโพดคั่ว (pop corn) ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) ข้าวโพด

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

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

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

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

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

6. **ข้าวโพดคั่ว** (pop corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays everta* มีแป้งแข็งเป็นส่วนใหญ่ มีแป้งอ่อนอยู่เพียงเล็กน้อย แป้งแข็งซึ่งอยู่ตอนกลางของเมล็ดห่อหุ้มด้วยสารที่ค่อนข้างเหนียวและยืดหยุ่น เมื่อเมล็ดถูกความร้อนจะเกิดความดันภายในเมล็ด และระเบิดออก ความชื้นของเมล็ดประมาณ 14% จะเป็นความชื้นที่เหมาะสมสำหรับนำไปคั่ว เพราะจะได้ปริมาตรเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ชื้นน้อยกว่าหรือมากกว่า
ข้าวโพดคั่วจะแบ่งออกเป็น 2 พวก ตามรูปร่างของเมล็ดคือ rice pop corn มีลักษณะหัว

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

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด

1. ราก (Roots)

ข้าวโพดมีรากระบบรากฝอย (fibrous root system) เมื่อข้าวโพดเริ่มงอกรากที่งอกออกจากเมล็ดโดยตรงจะมี 4 ราก หรืออาจจะมากกว่า 4 ราก รากพวกนี้จัดเป็นรากชั่วคราว (seminal roots) เมื่อข้าวโพดงอกได้ 7-10 วัน รากพิเศษ (adventitious roots) จะงอกออกจากข้อของลำต้นส่วนที่อยู่ใต้ระดับดินเรียก crown roots รากพวกนี้จัดเป็นรากถาวร (permanent root) ซึ่งสามารถแผ่ออกไปโดยรอบได้กว้างถึง 1 เมตร และลึกลงในแนวดิ่งยาวมาก อาจถึง 3 เมตร

รากพิเศษที่มีเส้นใหญ่และแตกจากข้อล่าง ๆ ของลำต้นที่อยู่เหนือดิน จะทำหน้าที่ช่วยค้ำจุนลำต้น รากพวกนี้เรียกว่า prop root, aerial root หรือ brace root

2. ลำต้น (Stem, stalk)

ต้นข้าวโพดมีลักษณะแข็งและตัน ไม่มีกิ่งก้านด้านข้าง ส่วนใหญ่มักจะไม่มีการแตกกอ ยกเว้นข้าวโพดบางพันธุ์ที่อาจแตกกอได้ 3-4 ต้น ลำต้นจะประกอบด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) สลับกัน ปล้องที่อยู่ด้านล่าง ๆ จะใหญ่และสั้นกว่า ปล้องที่อยู่เหนือขึ้นมาบนปล้องจะมีร่องลึก (groove) ซึ่งเกิดจากรอยกดของตาที่มุมใบ ในขณะที่ปล้องกำลังอยู่ในระยะยืดตัว ปลายยอดสุดของลำต้นจะเป็นที่เกิดของช่อดอกตัวผู้ ความสูงของลำต้นข้าวโพดจะแปรไปตามพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก

3. ใบ (Leaf)

ข้าวโพดจะมีใบระหว่าง 8-21 ใบ ซึ่งใบจะเกิดที่ข้อของลำต้นอย่างสลับ ข้อละหนึ่งใบ พันธุ์ที่มีต้นเตี้ยและอายุสั้นจะมีจำนวนใบน้อยกว่าพันธุ์ที่มีต้นสูงและอายุยาว ใบประกอบด้วยกาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) ฐานของกาบใบจะเรียบและหุ้มรอบข้อของลำต้น เหนือขึ้นมากาบใบจะแยกออกและห่อหุ้มปล้องของลำต้น และอยู่แนบชิดกับปล้อง

แผ่นใบจะมีลักษณะแบนและยาวเรียว มีเส้นใบแบบขนาน ที่ผิวด้านบนของแผ่นใบจะมีขนขึ้นปกคลุม ซึ่งเมื่อลูบจะรู้สึกสากมือ ที่รอยต่อระหว่างแผ่นใบและกาบใบ (leaf collar) จะมีเยื่อกันฝน (ligule) ซึ่งเป็นเยื่อบาง ๆ ใส และมีหูใบ (auricle) ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่สามเหลี่ยมที่ฐาน 2 ข้างของแผ่นใบ

4. ช่อดอกตัวผู้ (Male inflorescence, staminate inflorescence)

ข้าวโพดมีช่อดอกตัวผู้ที่ส่วนยอดของลำต้น เป็นช่อแบบ panicle ซึ่งเรียกว่า tassel ดอก (spikelet) จะเกิดเป็นคู่โดยดอกหนึ่งจะไม่มีก้านดอก (sessile spikelet) และอีกดอกมีก้านดอก (pedicelled spikelet) ดอกหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยดอกย่อย (florets) 2 ดอกย่อยอยู่ภายใน glumes ดอกย่อยแต่ละดอกจะมีกลีบ lemma ลักษณะเว้ารูปไข่ และกลีบ palea หุ้มอยู่ หนึ่งดอกย่อยจะมี stamens 3 อัน และ lodicules 2 อัน ก้านชูเกสรตัวผู้ (filament) จะยืดตัวอย่างรวดเร็วในระยะดอกบานชูอับเรณู (anther) ออกมาพ้นดอก อับเรณูอาจมีสีม่วง สีชมพู สีเหลือง หรือสีเขียว อับเรณูหนึ่ง ๆ มีละอองเกสร (pollen grain) ได้ถึง 2,500 ละอองเกสร ช่อดอกตัวผู้ของข้าวโพดหนึ่งต้นอาจผลิตละอองเกสรได้ถึง 25,000,000 ละอองเกสร การโปรยละอองเกสรจะเกิดขึ้นก่อนการออกไหมของช่อดอกตัวเมีย ต้นเดียวกัน 1-3 วัน ดังนั้นข้าวโพดจึงเป็นพืชที่ผสมข้ามต้น (cross - pollinated crop) การบานของดอกและการโปรยละอองเกสรจะเกิดขึ้นจากปลายช่อก่อน แล้วส่วนล่างลงมาก็จะทะยอยบาน การโปรยละอองเกสรอาจจะเกิดติดต่อกันไปนานถึง 2 สัปดาห์

5. ช่อดอกตัวเมีย (Female inflorescence, pistillate inflorescence)

ช่อดอกตัวเมียของข้าวโพดก็คือ ฝัก (ear) ซึ่งเป็นช่อดอกแบบ spike มีแกนช่อดอกใหญ่เรียกว่า rachis หรือ cob แกนช่อดอกจะอยู่ส่วนปลายของกิ่งที่แตกจากตาข้างของลำต้น กิ่งนี้จะประกอบด้วยปล้องสั้น ๆ หลายปล้องอยู่ติด ๆ กัน ซึ่งเรียกว่า ก้านช่อดอกหรือก้านฝัก (shank) และที่บนก้านช่อดอกนี้ตามข้อจะมีใบซึ่งเปลี่ยนแปลงลักษณะโดยมีกาบใบใหญ่แต่ไม่มีแผ่นใบ หากแต่มี ligules อยู่ที่ปลาย ใบซึ่งอยู่ตามข้อของก้านช่อดอกเหล่านี้จะอยู่ซ้อนเหลื่อมกันหุ้มช่อดอกไว้ ทำหน้าที่เป็นเปลือกหุ้มฝัก (husk) ที่ฐานของก้านช่อดอกจะมีใบที่มีกาบใบใหญ่ และห่อหุ้มฝักไว้ ใบนี้เรียกว่า subtending leaf ขณะเดียวกันฐานของก้านช่อดอกจะมีใบที่แปลงลักษณะอีกแบบหนึ่งคือ มีกาบใบใหญ่เช่นกัน ไม่มีแผ่นใบและมีสันสองสันอยู่บนกาบใบ ใบที่แปลงลักษณะนี้จะอยู่ชั้นนอกสุดของกาบหุ้มฝักและจะกั้นระหว่างฝักกับลำต้นไว้เรียกว่า prophyllum

บนแกนช่อดอกจะมีดอก (spikelet) เกิดเป็นคู่อยู่รอบแกนช่อดอก เป็นดอกชนิดที่ไม่มีก้านดอก (sessile spikelet) ดอกหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยดอกย่อย (florets) 2 ดอก ดอกย่อยที่อยู่ด้านล่างจะไม่เจริญและเป็นหมัน (sterile) มีเพียงส่วนของ lemma กับ palea ส่วนดอกย่อยอีกดอกที่อยู่ด้านบนจะสมบูรณ์พันธุ์ (fertile) และประกอบด้วยรังไข่กับก้านรับละอองเกสรตัวผู้ (style) ซึ่งเรียกว่าไหม (silk) ดอกย่อยที่สมบูรณ์จะมี lemma และ palea หุ้มเช่นเดียวกับดอกที่เป็นหมัน และทั้งดอกจะมีกลีบชั้นนอก (glume) หุ้มอยู่อีกชั้นหนึ่ง

ไหมที่ทำหน้าที่รับละอองเกสรตัวผู้ จะมีความยาวระหว่าง 15-30 เซนติเมตร และจะโผล่พ้นกาบหุ้มฝักออกมาทางปลายฝัก ทุกจุดบนเส้นไหมสามารถที่จะรับละอองเกสรตัวผู้เข้าผสมได้ ในต้นเดียวกันดอกตัวผู้จะโปรยละอองเกสรก่อนที่ดอกตัวเมียพร้อมจะรับการผสมเล็กน้อย ดังนั้นข้าวโพดจึงเป็นพืชผสมข้ามโดยธรรมชาติ และดอกตัวเมียมักจะได้รับการผสมเกสรจากต้นที่อยู่ข้างเคียง ข้าวโพดมีฝักที่ไม่มีเมล็ด (barrenness) เนื่องจากไหมของข้าวโพดโผล่ไม่ทันระยะที่มีการโปรยละอองเกสร

การผสมระหว่างละอองเกสรกับไข่จะเกิดขึ้นภายใน 12-28 ชั่วโมงนับตั้งแต่ละอองเกสรสัมผัสเส้นไหม เมื่อเมล็ดพัฒนาขึ้นมาจำนวนแถวของเมล็ดในฝักจะเป็นจำนวนคู่เสมอ เนื่องจาก spikelet เกิดเป็นคู่และในแต่ละ spikelet จะมี floret เดียวที่สมบูรณ์พันธุ์

หลังจากผสมแล้ว 20-40 วัน รังไข่จะเจริญเป็นเมล็ดที่แก่เต็มที่ ข้าวโพดที่ได้รับการผสมโดยไม่มีการควบคุมการถ่ายละอองเกสรเรียกว่า ข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิด (open pollinated variety)

6. เมล็ด (Fruit, caryopsis, kernel, grain)

เมล็ดข้าวโพดคือ ผลชนิด caryopsis ซึ่งอาจเรียกว่า kernel หรือ grain หลังจากดอกตัวเมียได้รับการผสม รังไข่ก็จะเจริญเป็นผล ผนังรังไข่ที่สุกจะเจริญเป็น pericarp pericarp นี้จะอยู่เชื่อมติดกับ testa แต่ชั้นของ testa มักจะไม่ปรากฏในเมล็ดข้าวโพด เนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นในถัดvอยู่ชั้นในถัดจาก pericarp และ testa เข้ามาคือ aleurone layer ซึ่งจะห่อหุ้ม endosperm และคัพภะ (embryo หรือ germ) endosperm จะประกอบ ด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแป้งใน endosperm จะมี 2 ชนิด คือแป้งแข็ง ซึ่งมักจะโปร่งแสงเลื่อมเป็นมัน และมีสัดส่วนของโปรตีนผสมอยู่มากกว่าแป้งอ่อน แป้งอ่อนมักจะมีสีขาวและขุ่น สัดส่วนของแป้งทั้งสองชนิดในข้าวโพด และบริเวณที่แป้งแต่ละชนิดกระจายอยู่จะแตกต่างกันไปตามพันธุ์

คัพภะ หรือ embryo จะอยู่ตรงส่วนฐานของเมล็ด คัพภะประกอบด้วย ยอดอ่อน (plumule) และรากอ่อน (radicle) ยอดอ่อนจะมี coleoptile หุ้ม ส่วนรากอ่อนจะมี coleorhiza หุ้ม scutellum (หรือ cotyledon) เป็นส่วนที่อยู่ติดกับ endosperm และทำหน้าที่ดูดอาหารจาก endosperm มาเลี้ยงคัพภะ ที่ฐานของเมล็ดทางด้านนอกจะเป็นส่วนของก้านดอกสั้น ๆ ที่เรียกว่า pedicel หรือ tip cap

เมล็ดข้าวโพดมีสีต่าง ๆ กัน ตั้งแต่สีขาว สีเหลือง สีส้ม สีแดง หรือสีม่วงเกิดขึ้นเนื่องจาก xenia effect ซึ่งเป็นอิทธิพลของละอองเกสรจากต้นอื่นที่มีต่อ endosperm endosperm เป็นเนื้อเยื่อที่มีโครโมโซม 3 ชุด (triploid) โดยได้รับ 1 ชุด จาก nucleus ของ pollen และอีก 2 ชุด จาก polar nuclei ของ embryo sac สีของ endosperm ซึ่งแสดงลักษณะในแป้งชนิดแป้งแข็ง จะเป็นผลเนื่องจากยีน (gene) ใน nucleus ของ ละอองเกสร และยีนใน polar nuclei

เมื่อละอองเกสรของข้าวโพดเมล็ดสีเหลืองผสมกับไข่ของข้าวโพดเมล็ดสีขาว เมล็ดข้าวโพดบนฝักที่เกิดขึ้นจะเป็นสีเหลืองอ่อน โดยกลับกันถ้าละอองเกสรของข้าวโพด

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

Xenia effect นอกจากจะเกิดขึ้นกับสีของแป้งแข็งใน endosperm แล้วยังอาจจะเกิดกับสีของ aleurone layer หรือควบคุมการเป็นหรือไม่เป็นเมล็ดข้าวโพดหวาน (sugary kernel type)

****

ภาคปฏิบัติการ

ให้นักศึกษา เรียนรู้ส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดจากตัวอย่างจริง แล้วลงรายการส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดจากรูปที่ให้ แล้วลงรายการในตารางข้างล่าง

ราก (root)	ลำต้น (stem)	ใบ (leaf)	ดอก (flower)	ผล (fruit)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะช่อดอกเพศเมียและดอกเพศเมียข้าวโพด

ภาพที่ 2.2 รูปร่างเมล็ดข้าวโพดชนิดต่าง ๆ

ภาพที่ 2.3 ข้าวโพด (*Zea mays* L.) (A) ลำต้นข้าวโพด (B) ช่อดอกเพศผู้ (C) ช่อดอกย่อยเพศผู้ (D) ดอกเพศผู้ผ่าตามยาว (E) ดอกย่อยเพศผู้ผ่าตามขวาง (F) ช่อดอกเพศเมียผ่าตามยาว (G) ดอกเพศเมียผ่าตามขวาง (H) ฝักข้าวโพด (I) เมล็ดข้าวโพด (J) เมล็ดผ่าตามยาว