

บทที่ 3

ปฏิบัติการเรื่อง ข้าวฟ่าง

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้ศึกษารูปร่างลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของข้าวฟ่าง
2. เพื่อให้ศึกษาจำแนกประเภทข้าวฟ่างชนิดต่างๆ ได้
3. เพื่อให้ศึกษาบอกความแตกต่างของข้าวฟ่างพันธุ์ต่าง ๆ ได้

วัสดุอุปกรณ์

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

บทนำ

ข้าวฟ่างมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า

Scientific names : *Sorghum bicolor* (L.) Moench

[Synonyms : *Holcus sorghum* L. ; *Andropogon sorghum* (L.) Brot ;
Sorghum vulgare Pers.]

Common names : Sorghum, Great millet, Guinea corn (West Africa) ;
Kafir Corn (South Africa) ; Milo, Sorgo (United States) ;
Kaoliang (China) ; Durra (Sudan) ; Mtama (East Africa) ;
Jola, Jawa, Cholam (India)

ระบบการจำแนกพืชทางพฤกษศาสตร์ดั้งข้างบนนี้ได้ใช้ตาม Doggett (1970) ซึ่งยึดถือตามการจำแนกของ Garber (1950) โดยแบ่ง subtribe Sorghastrae ออกเป็น 2 genera คือ genus *Cleistachne* Benth. ซึ่งมีอยู่เพียง 4 species และ genus *Sorghum* ซึ่งแบ่งออกไปเป็น 6 subgenera ที่สำคัญที่ควรจะกล่าวเพราะจัดข้าวฟ่างอยู่ด้วยคือ subgenus *Sorghum* (Eu-sorghum) (โปรดสังเกตว่าชื่อสามัญ genus และ subgenus ทางสายการจำแนกนี้มีชื่อว่า *Sorghum* พ้องกันหมด อาจจะทำให้เกิดความสับสนได้) ใน subgenus นี้ ยังแบ่งออกไปเป็น 2 groups คือ group *Arundinacea* ($2n=20$) และ group *Halepensia* ($2n=20$ หรือ 40) ข้อแตกต่างระหว่าง 2 groups นี้ก็คือ *Arundiacea* เป็นพืชที่มีอายุปีเดียว (annual) หรือค้ำปี (Perennial) ที่ไม่มีรากเหง้าใต้ดิน (rhizome) ข้าวฟ่างจัดอยู่ในพวกนี้ รวมทั้งหญ้าบางชนิด เช่น หญ้าซูดาน [Sudan grass : *S. arundinaceum* (Desv.) Stapf var. *sudanense* (Stapf) Hitchc.] ส่วน *Halepensia* เป็นพวกหญ้าอายุค้ำปีมีรากเหง้าอยู่ใต้ดิน เช่น หญ้าจอห์นสัน [Johnson grass : *S. halepense* (L.) Pers. ($2n=40$)

การจำแนก species ใน genus *Sorghum* นั้น Snowden (1936) ได้จำแนกไว้ทั้งหมด 31 spp. ด้วยกัน จากการศึกษาในภายหลังมีข้อสงสัยว่าการจำแนกนั้นอาจจะผิดได้เนื่องจากการผสมข้ามกันได้ระหว่าง spp. จึงมีข้อสันนิษฐานว่า spp. เหล่านั้นอาจจะมาจาก spp. เดียวกันได้ แต่ได้เกิดการผันแปรออกไปเนื่องจากการผสมข้าม และคัดเลือกโดยทางธรรมชาติทำให้มีรูปร่างลักษณะต่างออกไปได้หลายรูปแบบ (polymorphic) อย่างไรก็ตามทางด้านอนุกรมวิธานพืชยังอนุโลมให้ใช้การจำแนกตาม Snowden นี้ไปก่อนจนกว่าจะมีหลักฐานการพิสูจน์เป็นที่แน่นอนเสียก่อน จึงจะมีการเปลี่ยนแปลงให้ถูกต้องต่อไปใหม่ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาทั่ว ๆ ไป Doggett (1965) และ Purseglove (1978) ได้แบ่ง genus นี้ออกไปเป็น 2 spp. ใหญ่ ๆ (ไม่ใช่เป็นการแบ่งตามอนุกรมวิธาน) คือรวมพวกที่ใช้เป็นพืชปลูก (cultivated species) ทั้งหมดไว้ใน spp. เดียวกันคือ *S. bicolor* และพวกที่เป็นพันธุ์ป่า (wild species) ไว้ในอีกพวกหนึ่งคือ *S. arundinaceum*

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งออกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ เช่น Poehlman (1959) แบ่ง ออกไปเป็น

- ข้าวฟ่างใช้เมล็ด (grain sorghums) ซึ่งแบ่งออกไปเป็นพันธุ์ต่าง ๆ คือ milo, kafir, hegari, feterita และข้าวฟ่างลูกผสมต่าง ๆ (hybrid grain sorghums)
 - ข้าวฟ่างหวาน (Sorgos) พวกที่มีลำต้นหวาน สกัดทำน้ำเชื่อม น้ำตาล หรือเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้
 - ข้าวฟ่างหญ้า (grass sorghums) เป็นจำพวกหญ้าใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะ เช่น หญ้าชูดาน เป็นต้น
 - ข้าวฟ่างไม้กวาด (broom sorghum) ปลูกเพื่อใช้ทำไม้กวาดโดยเฉพาะ เนื่องจากมีลักษณะของช่อ (panicle) แยกเป็นแขนงยาวและแข็งผัดแพกไปจากข้าวฟ่างอื่น ๆ
 - ข้าวฟ่างที่ใช้ในกรณีพิเศษอื่น ๆ (special-purpose sorghums) เช่น ข้าวฟ่างคั่ว (pop sorghums) รับประทานเป็นอาหารว่าง หรือข้าวฟ่างที่เมล็ดมีแป้งเหนียว ปลูกไว้สำหรับทำกาว หรือในอาฟริกา มีพันธุ์ที่ปลูกไว้สำหรับทำเบียร์ ข้าวฟ่าง (beer sorghum) โดยหมักจากเมล็ดซึ่งมีสารที่ทำให้เกิดรสขมอยู่แล้ว เป็นต้น
- สำหรับในบทปฏิบัติการนี้จะใช้ข้าวฟ่างที่ใช้เมล็ดเป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษารูปร่าง ลักษณะส่วนต่าง ๆ ของพืชชนิดนี้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวฟ่าง

1. ราก (Roots)

มีระบบรากเป็นแบบ fibrous root system รากแรกที่เกิดจาก radicle จะเจริญออกมาเป็นรากเดี่ยว ๆ เรียกว่า primary root และมีการแตกแขนงออกมาเป็น lateral root เช่นเดียวกับพืชตระกูลหญ้าอื่น ๆ รากชุดนี้เป็นรากชั่วคราว ทำหน้าที่เลี้ยงต้นอ่อนในระยะแรก ๆ เท่านั้น ส่วนรากถาวรซึ่งเป็น adventitious root นั้น เกิดตรง coleoptilar node และส่วนของข้อสั้น ๆ ใต้ดิน จะแผ่กระจายออกไปเป็นจำนวนมากทางด้านข้าง อาจยาวถึง 1.5 เมตร และหยั่งลึกลงไปประมาณ 1 เมตร ที่ข้อของลำต้นจะมี root bands ซึ่งมี root primordia จะงอกออกมาเป็นรากโดยเฉพาะบริเวณส่วนโคนของลำต้นเหนือพื้นดินทำหน้าที่ช่วยยึดลำต้นเรียกว่า prop root อีกด้วย รากข้าวฟ่างมีลักษณะ

2. ลำต้น (Stem)

ลำต้นจะมีลักษณะแข็ง ตั้งตรง แห้งหรืออวบน้ำ มีหรือไม่มีน้ำตาลในลำต้น แล้วแต่ชนิดและพันธุ์ ขนาดของลำต้นจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-3 ซม. ความสูงขึ้นอยู่กับจำนวนข้อและปล้องของแต่ละพันธุ์ เช่น พันธุ์เฮการ์ริเบาสูงประมาณ 1 เมตร ส่วนพันธุ์เฮการ์รินักสูงประมาณ 2 เมตร หรือกว่า เป็นต้น เนื้อ root band จะมี growth ring ซึ่งเป็น intercalary meristem เวลาลำต้นล้ม ส่วนของเนื้อเยื่อชนิดนี้จะช่วยให้ลำต้นเจริญโดยงอขึ้นตั้งตรงได้อีก แต่ละข้อจะมี axillary bud อยู่ในช่อง bud groove axillary bud นี้สามารถจะเจริญออกไป ซึ่งถ้าเกิดอยู่ตรงส่วนบนของลำต้นจะเรียกว่าเป็นกิ่ง (branch) และถ้าเกิดตรงส่วนโคนของลำต้นเรียกว่าเป็นแขนง (tiller) ส่วนของกิ่งและแขนงนี้สามารถจะเกิดรวมและให้ผลเช่นเดียวกับ main stem

3. ใบ (Leaves)

ข้าวฟ่างจะมีใบประมาณ 7-24 ใบ แล้วแต่พันธุ์เกิดสลับอยู่บนลำต้น ส่วนของใบจะมีกาบใบ (leaf sheath) ยาวประมาณ 15-35 ซม. หุ้มลำต้น และมักมีไขสีขาว (waxy bloom) ตามส่วนของกาบใบทั่วไป ส่วนแผ่นใบ (leaf blade) จะมีขนาดกว้างยาวประมาณ 30-135 x 1.5-13 ซม. จะสังเกตเห็นว่าแผ่นใบที่อยู่ส่วนกลางจะยาวกว่าใบที่อยู่ส่วนบนและส่วนล่างของลำต้น ผิวของใบเป็นมันเนื่องจากมีไขมันฉาบอยู่ ซึ่งลักษณะนี้ต่างจากใบของข้าวโพด แผ่นใบจะมีรูใบ (stomata) ทั้งสองด้าน และจะมีเซลล์พิเศษชนิดหนึ่งเรียกว่า motor cells ช่วยในการม้วนใบเวลาข้าวฟ่างขาดน้ำหรือกระทบแล้ง เส้นกลางใบ (mid rib) ถ้าอวบน้ำจะมีสีเขียว แต่ถ้ามีเนื้อค่อนข้างแห้งจะมีสีขาวหรือเหลืองเห็นเด่นชัดเป็นลักษณะประจำพันธุ์เช่นกัน ตรงรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบที่เรียกว่า blade joint จะมีเยื่อบาง ๆ ยาวประมาณ 1-3 มม. อยู่โดยรอบและแนบชิดกับลำต้นเรียกว่า ligule

4 ช่อดอก (Inflorescence)

ช่อดอกข้าวฟ่างเป็นแบบ panicle มีก้านช่อดอกเรียกว่า peduncle ซึ่งเป็นปล้องสุดท้ายของลำต้น (uppermost internode) จะมีลักษณะตั้งตรงหรือโค้งงอแล้วแต่ชนิดของพันธุ์ แกนกลางของช่อดอกเรียกว่า rachis จะมีปล้องและข้อ ตรงข้อจะมีแขนงแยกออกไปเป็น primary branch ซึ่งจะแยกแขนงต่อไปอีกเป็น secondary branch หรือบางที่อาจจะมีถึง tertiary branch ก็ได้ แขนงที่ให้ spikelets มักจะเรียกว่า raceme รูปทรงของช่อดอกจะมีลักษณะต่าง ๆ กันเช่น ยาว รี ป้อม ทรงกระบอก หรือจะอยู่กันอย่างอัดแน่น หรือหลวม ๆ ขึ้นอยู่กับความสั้นยาวของ rachis และ branches ต่าง ๆ หนึ่งเอง

spikelet ของข้าวฟ่างจะอยู่เป็นคู่ ยกเว้นที่ปลายสุดของ raceme ที่จะมี 3 spikelets อยู่ด้วยกัน ที่อยู่เป็นคู่อันหนึ่งจะไม่มีก้านเรียกว่า sessile spikelet เป็นดอกสมบูรณ์ (perfect) คือมีทั้งเกสรตัวผู้ (stamen) และเกสรตัวเมีย (pistil) และอีกอันหนึ่งมีก้านดอกเรียกว่า pedicelled spikelet ซึ่งจะมีเกสรตัวผู้อย่างเดียวหรือเป็นหมันที่ปลายสุดของ raceme ที่มี 3 spikelet นั้น จะมี sessile spikelet 1 อัน และ pedicelled spikelet 2 อัน

sessile spikelet จะมีลักษณะใหญ่ขนาดประมาณ 3-10 ซม. จะประกอบด้วย glume 2 อัน ขนาดความยาวเท่า ๆ กัน คือ lower outer glume ซึ่งที่ผิวด้านนอกจะมีเส้น (nerve) เป็นทางยาว 8-16 เส้น glume อันนี้จะคลุม glume อีกอันหนึ่งตรงโคนของ spikelet และเรียก glume นี้ว่า upper inner glume ซึ่งมีลักษณะแคบกว่าอันแรก และที่ปลายค่อนข้างแหลม ที่ผิวด้านนอกมีเส้นตรงกลาง (central nerve) ชัดเจน glumes ของข้าวฟ่างอาจจะมีสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ sessile spikelet นี้จะมี 2 florets อันหนึ่งจะเป็นหมันเหลือ lemma เพียงอันเดียว มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ มีขน (ciliate) ส่วนอีก floret หนึ่งจะเป็นดอกย่อยสมบูรณ์ประกอบด้วย เยื่อ lemma บาง ๆ ตรงปลายแยกเป็น 2 แฉก ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีหาง (awn) palea จะมีลักษณะเล็กและบาง ซึ่งบางที่อาจจะมี

pedicelled spikelet เป็นดอกที่มีก้านซึ่งอาจจะยาวหรือสั้นแล้วแต่ชนิดของพันธุ์ มีขนาดเล็ก ยาว และบางกว่า sessile spikelet บางครั้ง pedicelled spikelet นี้ จะประกอบด้วย 2 glumes เท่านั้น ในกรณีที่มีดอกย่อย (floret) ก็จะมีอยู่ 2 อันเช่นเดียวกัน อันแรกอยู่ตอนบนประกอบด้วย lemma แต่ไม่มี palea หรือมีขนาดเล็ก มี 2 lodicules มีเกสรตัวผู้ (stamen) 3 อัน ซึ่งสามารถมี pollen ตามปกติ แต่จะไม่มีเกสรตัวเมีย (pistil) บางครั้งจึงเรียกว่าดอกย่อยตัวผู้ (male floret) อีก floret หนึ่งอยู่ทางด้านล่างเป็นหมัน (sterile floret) และจะเป็นแต่เพียง lemma เพียงอย่างเดียว

ดอกข้าวฟ่างจะบานจากปลายช่อดอกข้างบนลงมาข้างล่างเรื่อย ๆ จะบานเป็นชั้น ๆ ลงมาในระดับเดียวกัน spikelet ที่อยู่เป็นคู่ sessile spikelet จะบานก่อน pedicelled spikelet ประมาณ 2-4 วัน ตามปกติช่อดอกข้าวฟ่างจะบานหมดทั้งช่อใช้เวลาประมาณ 6-9 วัน ดอกจะบานในช่วงเวลาตั้งแต่ 20.00 น. หักค่ำถึง 08.00 น. ตอนเช้า ดอกจะบานอยู่นานประมาณ 2 ชั่วโมง เวลาดอกปิด anther และ stigma จะโผล่อยู่ข้างนอกตรงปลายของ glumes ที่ปิดอยู่ stigma จะมีอายุผสมติด (receptive) ตั้งแต่ก่อนดอกบานประมาณ 1-2 วัน จนกระทั่งหลังจากดอกบานแล้วประมาณ 8-16 วัน สำหรับละอองเกสรตัวผู้ (pollen) จะแตกออกจากอับละอองเกสร (anther) ทันทีที่ดอกบานและจะมีอายุอยู่ได้ประมาณ 3-6 ชม. การผสมเกสร (pollination) อาจเกิดจาก pollen ภายในดอกเดียวกัน ดอกอื่นภายในช่อดอกเดียวกัน หรือต่างช่อดอกกันคือผสมข้ามต้นกันก็ได้ โดยธรรมชาติแล้วข้าวฟ่างเป็นพืชผสมตัวเอง (self pollinated crop) แต่อาจจะมีการผสมข้าม (cross pollination) ได้โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 5% แต่บางรายงานกล่าวว่าสูงกว่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

5. ผล (Fruit)

ผลของข้าวฟ่างเรียกชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า caryopsis เช่นเดียวกับของข้าวหรือของหญ้าชนิดต่าง ๆ กล่าวคือ ผลที่มี pericarp บาง และ ovule ที่เจริญมาเป็น seed จะติดอยู่กับ pericarp นั้น ส่วนใหญ่จึงเป็นส่วนของเมล็ด และทำให้มีการเรียกจนติดปากว่าเมล็ด คำสามัญในภาษาอังกฤษใช้คำว่า grain เมล็ดข้าวฟ่างจะมีลักษณะกลมรีหรือแบน ขนาดและสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ตอนบนของเมล็ดข้าวฟ่างจะมีจุดสีคล้ำ ๆ 2 จุด ซึ่งเป็นรอยที่ styles เคยอยู่บน ovary มาก่อนและหลุดร่วงไป เมล็ดจะมี seed coat ซึ่งส่วนของ testa จะประสานกลมกลืนไปกับ pericarp ส่วนนี้จะมีสีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีเหลืองอ่อนไปจนถึงสีแดงหรือสีน้ำตาลคล้ำ เมล็ดข้าวฟ่างที่มีสีค่อนข้างคล้ำมักจะมีรสขม ตัวอย่างข้าวฟ่างพันธุ์เฮการี (Hegari) มี pericarp สีขาว แต่ testa สีน้ำตาลแดง จึงทำให้ดูเมล็ดของข้าวฟ่างพันธุ์นี้เป็นสีขาวปนเทา ข้าวฟ่างพันธุ์ TSS 7-5 เมล็ดออกสีเหลืองเนื่องจาก seed coat บาง และ endosperm สีเหลือง ซึ่งมักมี carotene สูง มีคุณค่าทางอาหารในการผสมอาหารเลี้ยงสัตว์ทัดเทียมกับข้าวโพดชนิดเมล็ดเหลือง

endosperm ที่อยู่ด้านนอกมักจะเป็นแป้งแข็ง ส่วนด้านในจะเป็นแป้งอ่อนที่มีลักษณะขาว ภายใน endosperm ในสภาพแห้งจะมีส่วนประกอบของแป้งประมาณ 68-74% โปรตีน 8-15% ไขมัน 2-5% เส้นใย (fiber) 1-3% และขี้เถ้า (ash) 1.5-2.0% นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ อีก เช่น วิตามิน น้ำตาล และแทนนิน เป็นต้น ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อคนและสัตว์ (essential amino acids) ที่มีจำกัดในเมล็ดข้าวฟ่าง คือ lysine และ methionine

เมล็ดข้าวฟ่างมักจะมีระยะพักตัวในช่วงประมาณเดือนแรกหลังจากเก็บเกี่ยว

6. ลักษณะพิเศษของข้าวฟ่างที่ควรทราบ

ส่วนที่อยู่เหนือดินของข้าวฟ่างโดยเฉพาะส่วนที่มีสีเขียวอันได้แก่ ใบและลำต้น จะมีสารประกอบที่เรียกว่า cyanogenic glycoside dhurrin ซึ่งถ้าถูก hydrolyse ด้วย enzyme บางชนิดแล้วก็จะให้ hydrocyanic acid (HCN) ในปริมาณประมาณ 0.5 กรัม สามารถที่จะให้วัวที่กินเข้าไปตายได้ โดยปกติถ้ามี HCN นี้อยู่ในข้าวฟ่างที่ตัดให้สัตว์กิน สดมากกว่า 750 ppm. แล้วจะถือว่าอยู่ในขั้นอันตราย ปริมาณของกรด HCN นี้จะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดหรือพันธุ์ และสภาวะการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง ต้นข้าวฟ่างหรือ tiller ที่ยังอ่อนอยู่มักมีสาร dhurrin ในปริมาณสูง ซึ่งส่วนมากจะมีอยู่ในใบ เมื่อต้นเจริญเติบโตขึ้นแล้วปริมาณของสารนี้จะลดน้อยลง ต้นข้าวฟ่างที่กระทบแล้งหรือที่เจริญขึ้นมาจากท่อนพันธุ์ (ratoon) ที่ยังสดอยู่ และต้นข้าวฟ่างที่เพิ่งฟื้นขึ้นมาจากสภาพเครียด (stress) เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่าง ๆ มีส่วนที่จะมีการสะสมสารนี้มากจึงไม่ควรจะนำไปให้สัตว์กินสด นอกจากนี้การให้ปุ๋ยไนโตรเจนมักจะทำให้ HCN เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามลักษณะการเป็นพิษนี้จะถูกทำลายไปเมื่อนำส่วนต่าง ๆ ของลำต้นไปทำเป็นหญ้าแห้งหรือหมักก่อนที่จะนำไปให้สัตว์กิน

ภาคปฏิบัติการ

ศึกษาส่วนต่าง ๆ ของข้าวฟ่างจากตัวอย่างจริง แล้วลงรายการส่วนต่าง ๆ ของข้าวฟ่างจากรูปที่ให้

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

ภาพที่ 3.1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวฟ่าง

ภาพที่ 3.2 ลักษณะราก ลำต้น และใบข้าวฟ่าง

ภาพที่ 3.3 ลักษณะช่อดอกข้าวฟ่างแบบต่าง ๆ และส่วนประกอบดอกย่อย

ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะส่วนประกอบเมล็ดข้าวฟ่าง

ภาพที่ 3.5 ข้าวฟ่าง (*Sorghum vulgare*) (A) ลำต้นข้าวฟ่าง (B) ลักษณะใบ (C)
ช่อดอก(D) ช่อดอกย่อยเพศผู้ (E) ช่อดอกย่อยเพศผู้และเพศเมีย (F)
เมล็ด (ผล) (G) เมล็ดผ่าตามยาว