

บทที่ 12

ปฏิบัติการเรื่อง กาแฟ

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้ศึกษารูปร่างลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของกาแฟ
2. เพื่อให้ศึกษารายละเอียดประเภทกาแฟชนิดต่างๆ ได้
3. เพื่อให้ศึกษาความแตกต่างของกาแฟพันธุ์ต่าง ๆ ได้

วัสดุอุปกรณ์

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

Scientific name

Common name

Coffea arabica L

arabica coffee

Coffea canephora Pierre ex Frochner

robusta coffee

Coffea liberica Bull ex Hiern

liberica coffee

กาแฟเป็นพืชที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน แต่ด้านอนุกรมวิธานของพืช genus นี้ ยังสับสนอยู่มาก เช่น จำนวน species ที่จำแนกโดยนักอนุกรมวิธานต่าง ๆ แตกต่างกัน ตั้งแต่ 25-100 spp. ขึ้นไป Purseglove (1977) อ้างตาม Wellman ว่าน่าจะมีทั้งหมด ประมาณ 60 spp. โดยมีถิ่นฐานในอาฟริกาโซนร้อนมากที่สุดถึง 33 spp. บนเกาะ

สำหรับที่ปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจนั้นมีเพียง 3 spp. เท่านั้นคือ *C. arabica* (90% ของผลผลิตกาแฟทั้งหมดในโลก) *C. canephora* (หรือชื่อเดิม *C. robusta* ผลิตประมาณ 9%) และ *C. liberica* (ผลิตประมาณ 1%) ซึ่งมีลักษณะประจำแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

1. *C. arabica* ($2n = 44$) ซึ่งนิยมเรียกกันว่ากาแฟอาราบิก้า เป็นกาแฟที่มีโครโมโซม 4 ชุด (tetraploid) ผสมตัวเอง มี varieties ที่สำคัญอยู่ 2 varieties คือ *arabica* (*C. arabica* L. var. *arabica*) หรือเดิมเรียกว่า *typica* มี dominant alleles (ยีนส์ข่ม) เป็น TT เป็นกาแฟชนิดดั้งเดิม แต่ยังปลูกเป็นส่วนใหญ่อยู่จนถึงปัจจุบันนี้ ส่วนอีก varieties หนึ่ง คือ *bourbon* (*C. arabica* L. var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy) เรียกตามชื่อเกาะในมหาสมุทรอินเดียที่กาแฟชนิดนี้ถูกนำไปปลูกเพื่อการค้าครั้งแรก โดยชาวฝรั่งเศส (Bourbon เป็นอาณานิคมของฝรั่งเศส ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น Reunion) เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผ่าเหล่า (mutant) ของ *arabica* มี recessive alleles (ยีนส์ด้อย) เป็น tt ได้รับการปลูกแทน *arabica* ในบราซิลเนื่องจากให้ผลผลิตสูงกว่าในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แต่ภายหลังประเทศนี้ปลูกกาแฟพันธุ์ที่เรียกว่า "Mundo Novo" เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นพันธุ์กาแฟที่เข้าใจว่าเกิดจากการผสมข้ามระหว่าง var. *arabica* กับ var. *bourbon* ตามธรรมชาตินั่นเอง เพราะให้ผลผลิตสูงกว่าชนิดหรือพันธุ์กาแฟอื่น ๆ

2. *C. canephora* ($2n = 22$) นิยมเรียกกันว่ากาแฟโรบัสต้า เป็นกาแฟที่มีโครโมโซม 2 ชุด (diploid) เป็นพืชผสมข้ามดอกหรือข้ามต้นโดยธรรมชาติ เป็นสาเหตุหนึ่งที่กาแฟชนิดนี้มักจะมี form แตกต่างกันอย่างยากแก่การจัดจำแนก อย่างไรก็ตาม อาจจะถือการจำแนก form ของ Thomas (1947 อ้างตาม Purseglove 1977) ไปก่อนเพื่อความสะดวกคือแบ่งออกเป็น 2 forms คือ Robusta forms ซึ่งมีลักษณะทรงต้นตรง ถ้าปลูกโดยไม่ตัดแต่งกิ่งจะเป็นต้นเล็ก และ Ganda forms ซึ่งมีลักษณะทรงต้นรูปโดม เนื่องจากมีการแผ่กิ่งก้านรอบด้านของลำต้น ปกติจะมีใบเล็ก ปลูกมากในประเทศอูกันดา

3. *C. liberica* (2n = 22) มีชื่อ synonyme ที่พบเห็นบ่อยคือ *C. excelsa* มีโครโมโซม 2 ชุด ผสมข้ามดอกหรือข้ามต้น มีความสำคัญทางเศรษฐกิจน้อยกว่า 2 ชนิดแรก

โดยทั่วไปสามารถจะแยกกาแฟทั้ง 3 ชนิด (species) นี้โดยสังเกตจากลักษณะของใบที่อยู่ด้านนอกรับแสงแดด (ไม่ถูกร่มเงาบัง) กับขนาดความยาวของผลง่าย ๑ ดังต่อไปนี้

ลักษณะ	<i>C. arabic</i>	<i>C. canephora</i>	<i>C. liberica</i>
ใบ	เล็ก ขนาดประมาณ 12-15 x 6 ซม. ผิวใบเรียบเป็นมัน	ใหญ่ ขนาดประมาณ 20 x 10 ซม. ผิวใบลอนเป็นคลื่น	ใหญ่ ขนาดประมาณ 20 x 10 ซม. ผิวใบเรียบเป็นมัน
ผล (ความยาวเป็น ซม.)	1.5	1.2	2-3

ในประเทศไทยปลูกกาแฟอาราบิก้าทางภาคเหนือ และโรบัสต้าทางภาคใต้เป็นการค้า ส่วนกาแฟลิเบอริก้าพบบ้างทางภาคใต้ปลูกเป็นไม้ประดับเท่านั้น สำหรับในเขตปฏิบัติการบพท.นี้จะกล่าวถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกาแฟอาราบิก้ากับโรบัสต้าเป็นตัวอย่าง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกาแฟ

1. ราก (Root)

ลักษณะทั่วไปของรากกาแฟคือ มีรากแก้ว (tap root) สั้นย้งลึกลงไปใต้ดินไม่เกิน 45 ซม. จะมีรากแขนงใหญ่ ๆ แตกมาจากรากแก้วเจริญตามแนวตั้งลึกลงไปประมาณ 2-3 เมตร หรือมากกว่า รากแขนงลำดับจากนั้นจะอยู่ทางส่วนบนส่วนหนึ่ง และส่วนล่าง

2. ลำต้น (Stems)

มีลักษณะตั้งตรงอาจสูงถึง 5 เมตร ในสภาพธรรมชาติเป็นลำต้นที่โดยปกติจะไม่ให้ผลเจริญทางด้าน vegetative อย่างเดียวเรียกว่า orthotropic stem ตรงข้อของลำต้นจะมีใบเรียงอยู่ตรงกันข้ามกัน และตรงมุมใบจะมีตา (axillary buds) 2 ตา ที่สามารถจะเจริญเป็นกิ่งได้ ซึ่งเรียกการให้กิ่งแบบนี้ว่า diomorphic branching ในสภาพ apical dominance (เช่นส่วนยอดของลำต้นไม่ถูกทำลาย) ตาที่อยู่ด้านบนกว่าใน 2 ตานั้น จะเจริญไปเป็นกิ่งเพียงตาเดียวคือเป็น primary หรือ lateral branch เป็นกิ่งที่สามารถจะให้ดอกให้ผลได้เรียกว่า plagiotropic branch ในกาแฟอาราบิก้าจะเจริญออกทางด้านข้างขนานกับระดับพื้นดินไม่มากก็น้อย (อาราบิก้าพันธุ์เบอร์บอนทำมุมประมาณ 50 องศา กับลำต้น) ส่วนกาแฟโรบัสต้ากิ่งนี้จะเจริญไปในแนวตั้ง ถ้ากิ่งนี้เกิดแห้งตาย เช่น อาจจะถูกโรคระบาด จะไม่มีการเกิด primary branch ใหม่ตรงข้อปลายนั้นอีก อาราบิก้ากิ่งแห้งนี้จะติดคาบลำต้นไม่ร่วงง่าย จึงต้องมีการตัดออก แต่โรบัสต้ากิ่งที่แห้งนี้จะร่วงหล่นจากต้นง่าย

สำหรับบน primary branch นี้ ตรงข้อจะเป็นที่เกิดของใบเรียงอยู่ตรงกันข้ามกัน เช่นเดียวกับ main stem จะมีตาตรงมุมใบอยู่ซุดหนึ่งมีจำนวน 6 ตาด้วยกัน ตาด้านบนสุดที่มีระยะห่างจากโคนก้านใบจะเป็นตาที่แก่และโตที่สุด ตาบางตาหรือทั้งหมดทั้งซุดสามารถจะเจริญไปเป็นช่อดอก (inflorescence) หรือกิ่งรองอันดับต่อไปคือ secondary plagiotropic branch ได้แล้วแต่สภาพการณ์ ถ้ากาแฟได้รับการกระตุ้นให้มีการออกดอกโดยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ หรือความสั้นยาวของช่วงแสง ตาเหล่านี้ประมาณ 3-4 ตาเจริญไปเป็นช่อดอก แต่ถ้าหากไม่มีการกระตุ้นให้มีการเกิดดอกแล้ว ตาแรกและบนสุดจะเจริญไปเป็นกิ่ง secondary branch ได้ และถ้าไม่มีการตัดปลายกิ่ง primary branch

สำหรับ axillary bud อีกอันหนึ่งที่อยู่ด้านล่างกว่าจะเจริญไปเป็นกิ่งได้ก็ต่อเมื่อ ส่วนยอดของลำต้นถูกตัดไปหรือทำลายไปเป็นส่วนใหญ่ อาจจะเป็นสาเหตุอื่นบ้างก็ได้ เช่น การที่ใช้ส่วนปลายของยอดกาแฟโน้มมาตรึงที่พื้นดิน ทั้งนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของ auxin ที่ทำให้คลายสภาพ apical dominance ทำให้ตาดำนี้เจริญขึ้นได้ นอกจากนี้ อาจเกิดจากสภาพธรรมชาติบังคับเช่น อุณหภูมิสูงเกินไป กิ่งที่เกิดขึ้นนี้มักจะไม่ให้ ดอกและผลจะเจริญไปทางแนวตั้ง เรียกว่า orthotropic vegetative shoot หรือเรียกกันว่า หน่อ หรือกระโดง (suckers หรือ water shoot) ถ้ามีการตัดยอดของ sucker พวกนี้่อีกก็ จะทำให้เกิด suckers ประเภทเดียวกันนั้นบน sucker แตกได้อีก เราสามารถใช้ประโยชน์ จากหน่อหรือกระโดงพวกนี้ในการขยายพันธุ์กาแฟ (ดูการแตกกิ่งของกาแฟชนิดต่าง ๆ ทำยบบทปฏิบัติการ)

3. ใบ (Leaves)

ใบเกิดขึ้นอยู่ตรงกันข้ามกันทั้งบน main stem หรือ branch ต่าง ๆ ขนาดของ ใบและลักษณะของการเป็นลอนคลื่นของผิวใบ สามารถใช้จำแนกชนิดของกาแฟได้อย่าง หนึ่ง กาแฟอาราบิก้าจะมีใบเล็กกว่าและก้านใบ (petiole) สั้นกว่ากาแฟโรบัสต้า ลักษณะ การเป็นคลื่นของผิวใบนั้นในโรบัสต้าจะเห็นได้ชัดเจนกว่าในอาราบิก้า ลักษณะอื่น ก่อนข้างจะคล้ายคลึงกัน เช่น ลักษณะใบยาวรี (elliptical) ตรงปลายใบจะมีลักษณะแหลม เรียวเล็กเข้าหากัน (acuminate) ส่วนทางปลายโคนใบจะมีลักษณะกว้างแล้วเรียวเป็นมุม รูปสามเหลี่ยมเข้าไปหาฐานใบ (cuneate) ขอบใบเป็นคลื่นขึ้นลง (undulate) เส้นใบ (vein) ที่แยกออกจากเส้นแกนกลางใบ (mid rib) ซึ่งเรียกว่า lateral veins นั้นจะอยู่กัน เป็นคู่คือประมาณ 7-13 คู่ ตรงฐานของ lateral veins ด้านหลังใบจะเห็นมีช่องเล็ก ๆ (cavity) ซึ่งเรียกว่า domatia ทำให้อีกด้านหนึ่งของใบตรงจุดเดียวกันมีลักษณะนูนออกมา (protuberance) ตรงข้อที่มีใบอยู่ตรงกันข้ามนั้นจะมีหูใบ (stipules) 2 อัน อยู่ตรงกันข้าม กันเช่นกัน จะเห็นได้ชัดเจนตรงปลายกิ่งอยู่ประกบกันเป็นรูปสามเหลี่ยม

4. ช่อดอก (Inflorescences) และ ดอก (Flowers)

ตรงช่องมุมไบบนกิ่ง plagiotropic จะมีตาอยู่ 6 ตา ซึ่งประมาณ 3-4 ตา จะเจริญไปเป็นช่อดอก แต่ละช่อดอกโดยทั่วไปจะมี 4 ดอก สำหรับอาราบิก้า และ 6 ดอก สำหรับโรบัสต้า แต่อาจจะเจริญไปเป็นดอกจริง ๆ ไม่ทั้งหมดก็ได้ ตาที่จะเจริญเป็นช่อดอกนี้แรก ๆ ด้วยกันแน่นมีสารคล้ายกาฬอยู่ ช่อดอกจะมีก้านดอก (pedicel) เล็ก ๆ และที่ตรงโคนจะมี bracts อยู่คู่หนึ่ง (หรือบางทีมากกว่านั้น) ตาที่เหลืออยู่ในระหว่าง bracts เหล่านี้จะมีการพักตัว (dormant) เพื่อที่จะไม่ให้มีการเกิดดอกมากเกินไป ตาเหล่านี้จะเหลือค้างอยู่กับกิ่งที่ให้ดอกไปแล้วเป็นส่วนของไม้แก่ ซึ่งใบร่วงแล้ว บางทีจะให้ช่อดอกอีกแต่มักจะไม่บริบูรณ์

ดอก (flowers) เกิดอยู่บนช่อ มีสีขาว กลิ่นหอม ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง (sepal or calyx) 5 อันเชื่อมติดกันมีลักษณะเป็นรูปถ้วยอยู่ตรงด้านล่างของดอก กลีบดอกจะมีลักษณะเป็นหลอด (tubular corolla) ยาวประมาณ 1 ซม. ซึ่งจะแยกออกเป็นแฉกตอนปลาย ตามปกติแล้วจะมี 5 แฉกซึ่งมีขนาดความยาวขนาดเดียวกับหลอดกลีบดอก มีเกสรตัวผู้ที่มีก้านติดกับกลีบดอก (epipetalous stamens) เท่ากับจำนวนแฉกของกลีบดอก อับเกสรตัวผู้มีลักษณะเรียวยาวแต่ไม่ยาวกว่าแฉกของกลีบดอก มีรังไข่อยู่เหนือฐานรองดอก (inferior ovary) ซึ่งปกติมี 2 carpels อยู่ติดกัน แต่ละ carpel มีไข่ (ovule) 1 อัน ก้านเกสรตัวเมีย (style) ยาว ตรงปลายจะเป็นที่อยู่ของ stigma ซึ่งแยกออกจากกันเป็น 2 ส่วน (bifid stigma) การเกิดตาดอกนั้นจะถูกชักนำโดยความยาวของช่วงวัน ความชื้นและอุณหภูมิ เป็นต้นว่าตาดอกจะไม่เจริญคือพักตัว (dormant) จนกว่าจะได้รับความชื้นพอเพียงจึงจะบาน ซึ่งใช้เวลาหลังจากนั้นแล้วประมาณ 2 สัปดาห์ ดอกมักจะบานเวลาเช้าตรู่ที่มีแดดออก และเริ่มเฉาหลังจากนั้นเพียงไม่กี่ชั่วโมง หลังจาก 2 วันดอกจะเหี่ยวแห้งและในเวลาไม่กี่วันต่อมา ก็จะร่วงหล่นจากต้นไปเหลือแต่รังไข่ติดอยู่ในส่วนของดอก กาแฟชนิดอาราบิก้าการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติเป็นแบบผสมตัวเอง (self-pollination) แต่อาจจะเกิดผสมข้ามได้เนื่องจากแมลง ส่วนกาแฟชนิดโรบัสตานั้นไม่ผสมในตัวเอง ต้องผสมข้ามดอกหรือข้ามต้น

5. ผล (Fruits)

ประเภทของผลเป็นแบบ drupe (คือผลที่มีชั้นของ endocarp แข็งมี exocarp บาง และ mesocarp เป็นเนื้อเยื่อเนื้อม) มีลักษณะกลมรีขนาดยาวประมาณ 0.8-1.5 ซม. ขณะแก่เต็มที่แล้ว เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียว เมื่อสุกจะมีสีเหลืองหลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เมื่อแก่จัดผลที่แห้งแล้วจะเป็นสีดำ ชั้น exocarp บาง ชั้น mesocarp เนื้อมีสีเหลือง เรียกว่า pulp ชั้นของ endocarp สีหม่น ๆ เทา ๆ มีลักษณะแข็งเรียกว่า parchment ซึ่งเป็นชั้นที่หุ้มเมล็ดอยู่ภายใน ในผลหนึ่งโดยทั่วไปมี 2 เมล็ด แต่บางทีก็มีเมล็ดเดี่ยวเรียกว่า pea-berry เนื่องจากไม่เกิดการปฏิสนธิของ ovary อีกอันหนึ่งนั่นเอง ประมาณ 40% ของดอกทั้งหมดจะให้ผลโดยสมบูรณ์ นอกจากนั้นอาจจะไม่มีการเจริญและส่วนหนึ่งร่วงหล่นไป ผลจะเจริญอยู่บนกิ่งจนกระทั่งเก็บเกี่ยวใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 9 เดือน

6. เมล็ด (Seeds)

เมล็ดจะมีขนาดยาวประมาณ 8.5-12.5 มม. มีลักษณะกลมรีที่มี 2 เมล็ด จะมีด้านหนึ่งแบนประกบกัน ด้านแบนจะมีร่องยาวผ่าตรงกลาง ชั้นนอกสุดของเมล็ดซึ่งอยู่ถัดจาก endocarp ของผลคือชั้นของ testa มีลักษณะบางเรียกว่า ปลาย หรือ silver skin จะหุ้ม endosperm ซึ่งมีลักษณะงอพับเข้าไปข้างใน นอกจากนี้จะมีคัพภะ (embryo) ขนาดเล็กตรงด้านฐานของเมล็ด บางครั้งจะพบเมล็ดกาแฟเป็น polyembryonic ด้วย

ภาคปฏิบัติการ

1. ศึกษาส่วนต่าง ๆ ของกาแฟจากตัวอย่างจริง แล้วลงรายการจากส่วนต่าง ๆ จากรูปที่ให้
2. บันทึกความแตกต่างระหว่างกาแฟชนิดอาราบิก้าและโรบัสต้า ที่นำมาแสดงในส่วนของ ต้น ใบ ดอก และผล โดยการวัดขนาด บันทึกลงในตารางให้เรียบร้อย

ให้นักศึกษา เรียนรู้ส่วนต่าง ๆ ของกาแฟจากตัวอย่างจริง แล้วลงรายการส่วนต่าง ๆ ของกาแฟจากรูปที่ให้ แล้วลงรายการในตารางข้างล่าง

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

ภาพที่ 12.1 กาแฟโรบัสตา (*Coffea canephora*) A) กิ่ง B) ช่อดอก C) ดอกผ่าตามยาว
D) กลีบประดับ E,F,G) ผล H) ผลผ่าตามยาว I) ผลผ่าตามขวาง

ภาพที่ 12.2 กาแฟโรอาราบิก้า (*Coffea arabica*) A) กิ่งและใบ B) แผ่นใบด้านล่าง
C) กิ่งที่มีช่อดอก D) ดอกย่อย E) ดอกผ่าตามยาว F,G,H) ผล