บทที่ 5

วิวัฒนาการและการสืบพันธุ์ของพืช

จุดประสงค์การเรียนรู้เมื่ออ่านบทที่ 5 จบแล้วนักศึกษาสามารถ

1. สามารถอธิบายวิวัฒนาการจากพืชพันธุ์ป่ามาเป็นพืชพันธุ์ปลูกได้
2. สามารถอธิบายศัพท์ต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของพืชได้
3. สามารถอธิบายถิ่นกำเนิดของพืชชนิดต่าง ๆบนโลกได้
4. สามารถอธิบายแหล่งที่อยู่อาศัยของพืชในประเทศต่าง ๆพอสังเขป

เนื้อหาในบทที่ 5 ประกอบด้วย

1. บทนำ
2. วิวัฒนาการของพืชปลูก
3. ความแปรปรวนตามหลักของเมนเดล
4. ถิ่นกำเนิดของพืช
5. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
6. การสืบพันธุ์โดยอาศัยเมล็ดปลอมหรืออโปมิกซิส
7. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
8. หลักฐานทางชีวเคมีเกี่ยวกับสาเหตุของการผสมตัวเองไม่ติด
9. บทสรุป
10. แบบประเมินผลท้ายบทและเฉลย

5.1 บทนำ

มนุษย์ในยุคแรก ๆ ดำรงชีพด้วยการล่าสัตว์และใช้พืชที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติมาเป็นอาหาร ในยุคต่อ ๆ มาเมื่อมีจำนวนประชากรมากขึ้นเรื่อย ๆ การพึ่งพาอาหารจากธรรมชาติอย่างเดียวเริ่มไม่เพียงพอ จึงได้เริ่มมีการนำพืชพันธุ์ป่า (wild species) มาทำการเพาะปลูก (domestication) ทำให้เริ่มมีการคัดเลือกพันธุ์ทั้งโดยธรรมชาติและโดยมนุษย์เพื่อให้พืชที่นำมาปลูกนั้นให้ผลผลิตดีขึ้นเรื่อย ๆ อาศัยระยะเวลาอันยาวนานการคัดเลือกพันธุ์โดยธรรมชาติและมนุษย์ ตลอดจนการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ พันธุ์พืชเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากพันธุ์ป่ากลายมาเป็นพันธุ์เพาะปลูกในที่สุด (cultivated species)

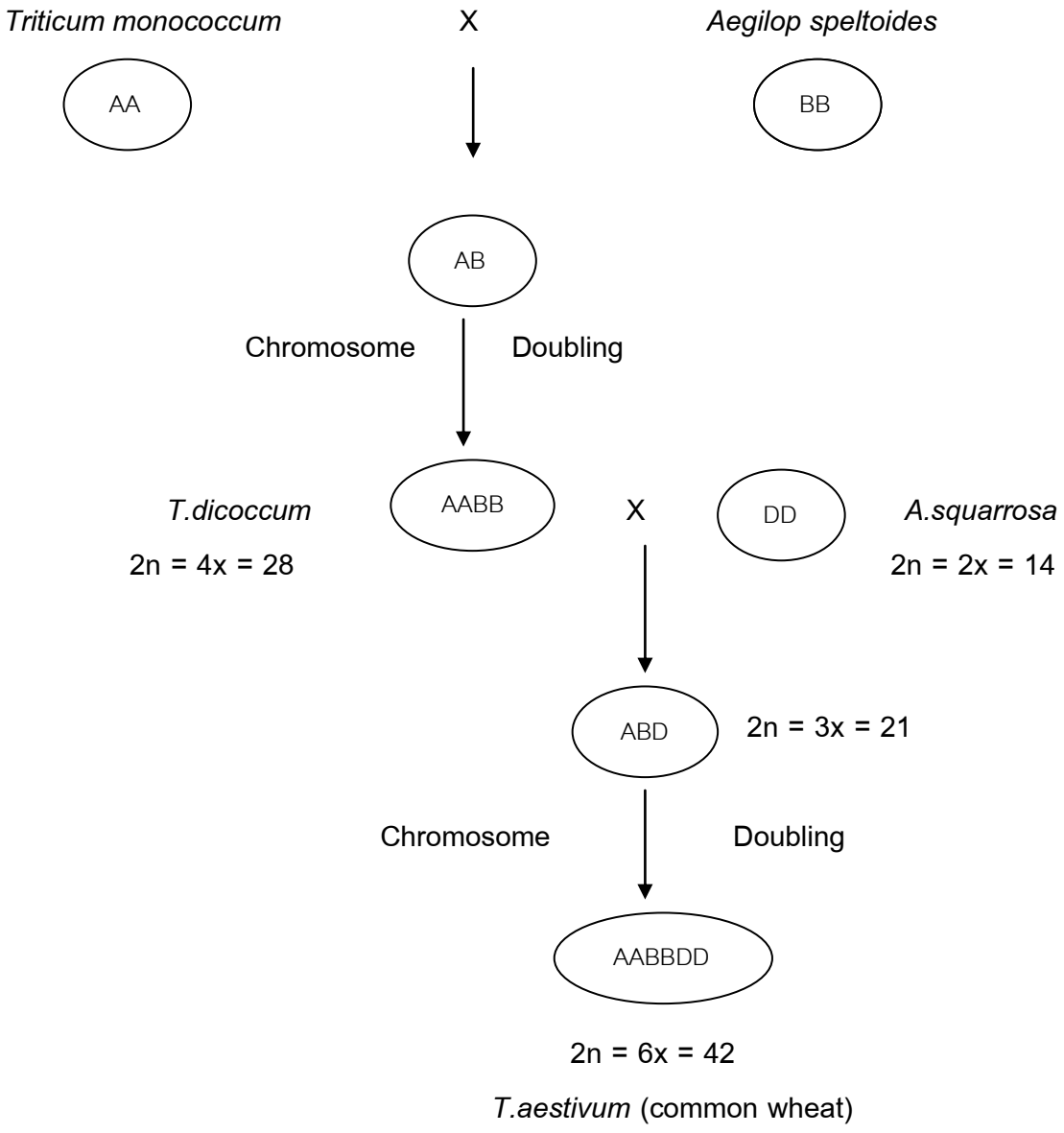
5.2 วิวัฒนาการของพืชปลูก

พืชพันธุ์เพาะปลูกมีวิวัฒนาการจนกระทั่งมีความแตกต่างจากพันธุ์ป่าอย่างมากมาย ซึ่งสันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากการเกิดกระบวนการ ดังต่อไปนี้

5.2.1. การผสมข้ามชนิด (interspecific hybridization) หรือ การผสมข้ามสกุล (intergeneric hybridization) ตัวอย่างเช่น ข้าสาลีซึ่งมีวิวัฒนาการมาจากการผสมข้ามสกุลระหว่างข้าสาลี (*Triticum* spp.) กับหญ้า *Aegilop* spp. (ภาพที่ 5.1)

การผสมข้ามชนิดหรือข้ามสกุลเหล่านี้ ก่อให้เกิดวิวัฒนาการได้พืชชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมามากมายยีนจากพืชชนิดหนึ่งอาจจะถูกถ่ายทอดไปสู่พืชอีกชนิดหนึ่ง โดยกระบวนการ introgerssion ซึ่งหมายถึงการที่ชิ้นส่วนของโครโมโซมจากพืชชนิดหนึ่งถูกถ่ายทอดไปอยู่ในพืชอีกชนิดหนึ่ง โดยการผสมพันธุ์ข้ามชนิดหรือผสมข้ามสกุล

5.2.2. โพลิพลอยดี้ (polyploidy) เป็นการเพิ่มชุดของโครโมโซม ซึ่งถ้าชุดที่เพิ่มขึ้นมาเหมือนกับชุดเดิมก็เรียกว่า autopolyploid แต่ถ้าชุดของโครโมโซมที่เพิ่มขึ้นมาเป็นคนละชุดกับของเดิมก็เรียกว่า allopolyploid โดยเฉพาะในกรณีหลังนี้จะก่อให้เกิดวิวัฒนาการของพืชได้มาก เพราะเป็นการผสมพันธุ์ข้ามชนิดหรือข้ามสกุล ซึ่งนอกจากข้าวสาลีแล้วยังมีพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ อีกมากมาย ที่เป็น allopolyploid เช่น ยาสูบ ฝ้าย ข้าวโอ๊ต อ้อย แอปเปิ้ล สตรอเบอรี่ เป็นต้น



ภาพที่ 5.1 แสดงการเกิดวิวัฒนาการของข้าวสาลี

5.2.3 ความแปรปรวนตามหลักของเมนเดล (Mendelian variation) ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อพืช 2 พันธุ์ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน เกิดการผสมข้ามพันธุ์กัน ทำให้รุ่นลูกและรุ่นหลานในชั่วรุ่นต่อ ๆ ไป เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม เช่น มีการรวมลักษณะแปลก ๆ ใหม่ ๆ เข้ามาไว้ในพืชต้นเดียวกัน หรือเกิดการกระจายตัวของลักษณะต่าง ๆ (segregation) ตามความแปรปรวนทางพันธุกรรม

5.2.4. การกลายพันธุ์ (mutation) ซึ่งเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ (spontaneous mutation) และยิ่งถ้าเกิดการกระตุ้นจากสารก่อกลายพันธุ์ (mutagens) ทั้งหลายโดยมนุษย์แล้ว ยิ่งเกิดการกลายพันธุ์ได้มากขึ้นลักษณะการกลายพันธุ์นี้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้ ไม้ผลในประเทศไทยที่เกิดจากการกลายพันธุ์มีมากมายหลายชนิด และสามารถดำรงพันธุ์ต่อไปได้เนื่องจากขยายพันธุ์ได้โดยไม่อาศัยเพศ

ลักษณะประจำที่วิวัฒนาการของพืชนั้นทำให้พืชพันธุ์ป่ากลายเป็นพืชปลูกได้มากมาย ลักษณะต่าง ๆ ที่จะเกิดวิวัฒนาการได้ ได้แก่ ขนาด ซึ่งพืชพันธุ์เพาะปลูกมักจะมีขนาดใหญ่โตกว่าพันธุ์ป่า ความงอก ซึ่งพันธุ์เพาะปลูกมักจะงอกได้พร้อมๆ กัน ในขณะที่พันธุ์ป่ามักจะทะยอยงอก

ทั้งนี้เป็นเพราะสัญชาตญาณในการดำรงเผ่าพันธุ์ของมันซึ่งถ้าเกิดฝนแล้ง น้ำท่วม หรือ ไฟป่า จะช่วยให้เมล็ดไม่สูญพันธุ์ การสุกแก่ ก็เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่เห็นได้ชัดโดยพืชพันธุ์ป่ามักจะสุกแก่ไม่พร้อมกัน ในขณะที่พืชพันธุ์เพาะปลูกจะถูกคัดเลือกมาให้สุกแก่พร้อมกัน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการจัดการ ลักษณะอื่น ๆ นอกจากนี้ก็มี สีของดอกและเมล็ด ทรงต้นและการเจริญเติบโต การร่วงของเมล็ด (shattering) และการเปลี่ยนแปลงวงจรชีวิตหรือชีพจักร เป็นต้น ซึ่งพันธุ์เพาะปลูกจะถูกคัดเลือกมาให้สนองความต้องการของมนุษย์ในขณะที่พืชพันธุ์ป่าจะมีสัญชาตญาณในการดำรงเผ่าพันธุ์ของตนเองไว้ ทำให้มีลักษณะแตกต่างกันออกไป

5.3 ถิ่นกำเนิดของพืช (centers of origin)

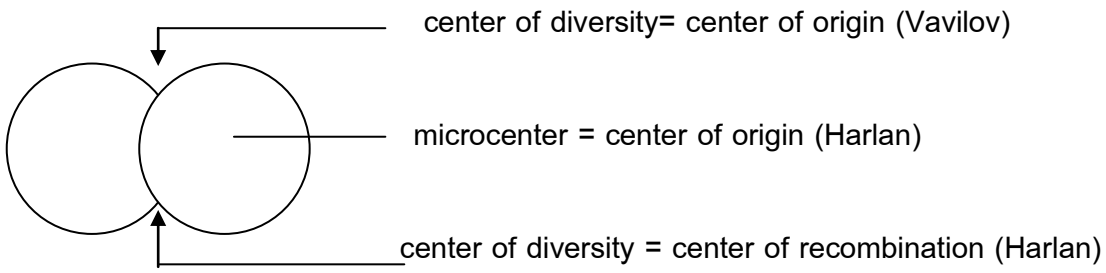
ถิ่นกำเนิดของพืชแต่ละชนิดจะมีความสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์พืชมาก เพราะช่วยให้ทราบแหล่งของยีนบางลักษณะที่เป็นประโยชน์สำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์พืช เช่น ลักษณะต้านทานโรคและแมลงนั้นมักจะพบพืชพันธุ์ต้านทานอยู่ในถิ่นกำเนิดเสมอ ๆ

เพราะพันธุ์ที่อยู่รอดมาได้เหล่านี้จะผ่านวิวัฒนาการมาอย่างยาวนาน อย่างไรก็ตามการระบุว่าพืชแต่ละชนิดมีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ไหนนับว่าเป็นเรื่องยาก บางครั้งต้องอาศัยหลักฐานทางโบราณคดีช่วยในการสันนิษฐานด้วย นักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงของโลกที่ได้ทำการสำรวจพืชและได้แบ่งถิ่นกำเนิดของพืชนั้นที่สำคัญมี 2 ท่าน คือ N.I. Vavilov. และ J.R. Harlan

5.3.1 N.I. Vavilov. (Vaviolv, 1951) เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย ผู้เดินทางไปสำรวจพืชเกือบทั่วโลก เขาได้สำรวจและศึกษาถิ่นที่อยู่ของพืชนานาชนิดเป็นเวลานานถึง 20 ปี เริ่มตั้งแต่ ค.ศ. 1916 Vavilov ได้กล่าวถึงถิ่นรวมของพืช (center of diversity) ซึ่งหมายถึงแหล่งที่รวมของพันธุ์ต่าง ๆ ของพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง ที่แหล่งนี้จะพบพันธุ์ต่าง ๆ ของพืชชนิดนั้นมากกว่าแหล่งอื่น หรืออาจกล่าวได้ว่าที่แหล่งนี้พืชชนิดนั้นจะมีความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) สูงสุด ที่จุดศูนย์กลางของถิ่นมีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงและมียีนลักษณะเด่น (dominant genes) มาก ส่วนบริเวณห่างออกไป ความแตกต่างทางพันธุกรรมน้อยและเป็นที่อยู่ของยีนลักษณะด้อย (recessive genes) Vavilov ถือว่าถิ่นรวม (center of diversity) เป็นถิ่นกำเนิด (center of origin) ของพืช เพราะว่าพันธุ์ที่ต่างกันจำนวนมากเหล่านี้เป็นผลมาจากการกลายพันธุ์ (mutation) การผสมข้ามระหว่างพันธุ์ การคัดเลือกพันธุ์ โดยธรรมชาติเป็นเวลานาน ๆ จนทำให้เกิดพันธุ์ใหม่ขึ้นมากกว่าแหล่งอื่น จากผลการสำรวจปรากฏว่าพืชบางชนิดอาจพบได้ในท้องถิ่นเดียว แต่บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในหลายแห่ง เขาได้แบ่งถิ่นกำเนิดของพืชออกเป็น **ถิ่นกำเนิดเดิม** (primary center) ซึ่งหมายถึงถิ่นที่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์มากที่สุด เป็นแหล่งที่มนุษย์ได้นำพืชชนิดนั้นมาเพาะปลูก (domesticate) เป็นครั้งแรก และ **ถิ่นกำเนิดใหม่** (secondary center) ไม่ใช่ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของพืช แต่เป็นแหล่งที่พืชถูกย้ายมา และเจริญงอกงามดีจนมีพันธุ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย อย่างไรก็ดีความแตกต่างทางพันธุกรรมมีน้อยกว่าถิ่นกำเนิดเดิม

5.3.2 J.R. Harlan (Harlan, 1951 และ 1956) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันได้เดินทางไปสำรวจพืชแถบตะวันออกกลาง โดยเฉพาะประเทศตุรกี ในปี ค.ศ. 1948

ให้ความเห็นเรื่องถิ่นกำเนิดของพืชแตกต่างกันออกไป เขาเห็นว่าพืชไม่จำเป็นจะต้องมีถิ่นกำเนิดจากแหล่งที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมากที่สุดเสมอไป หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าถิ่นกำเนิดไม่ใช่แหล่งเดียวกับถิ่นรวม (center of diversity) ตามทฤษฎีของ Vavilov ทั้งนี้เพราะความหลากหลายระหว่างพันธุ์ (diversity) เป็นผลมาจากการผสมระหว่างพันธุ์ที่ต่างกัน ฉะนั้นแหล่งที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูงเป็นเพียงแหล่งที่พบกันของพันธุ์ต่าง ๆ เท่านั้นเอง ควรจะเป็นแหล่งที่เกิดใหม่มากกว่าแหล่งดั้งเดิมของพืช ถิ่นที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมซึ่งเป็นผลของการรวมตัวของยีนควรจะเป็นถิ่นของการรวมตัว (center of recombination) มากกว่าถิ่นกำเนิดของพืช Harlan เชื่อว่าถิ่นกำเนิดที่แท้จริงของพืชต้องเป็นแหล่งเล็ก ๆ (microcenter) ซึ่งมีการวิวัฒนาการของพืชเกิดขึ้นในอัตราสูงกว่าแหล่งอื่น ถ้าจะเปรียบถิ่นกำเนิดของพืชเสมือนวงกลม (ภาพที่ 5.2) จุดศูนย์กลางของวงกลมซึ่งเป็นจุดเล็ก ๆ คือถิ่นกำเนิดของพืชและมีอัตราการวิวัฒนาการสูง ยิ่งห่างออกไปจากศูนย์กลาง อัตราการเกิดวิวัฒนาการยิ่งลดต่ำลง บริเวณที่วงกลมซ้อนกันจะเป็นแหล่งที่มีการผสมข้ามพันธุ์มาก ทำให้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ของพืชสูง บริเวณนี้หาใช่ถิ่นกำเนิดของพืชแต่อย่างใดไม่



ภาพที่ 5.2 แนวคิดเรื่องถิ่นกำเนิดของพืชเปรียบเทียบระหว่าง Vavilov และ Harlan

ลักษณะของถิ่นกำเนิดของพืชควรจะประกอบไปด้วยสิ่งต่อไปนี้อย่างน้อยหนึ่งข้อจึงจะถือว่าเป็นถิ่นกำเนิดของพืช ลักษณะที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดถิ่นกำเนิด ได้แก่

ก. มีพันธุ์ป่า (wild species) ของพืชชนิดนั้น ๆ

ข. มีหลักฐานทางโบราณคดี (archeological evidence) เช่น รูปเขียนตามภาชนะหรือหลักฐานทางธรณีวิทยา เช่น ฟอสซิล เป็นต้น

ค. สภาพพื้นที่ (topography) ต้องมีลักษณะลาดเอียง เป็นหุบเขาหรือมีภูเขาล้อมรอบ

ง. มีการผสมข้ามพันธุ์จนได้พืชชนิดใหม่ ๆ (introgressive hybridization) เช่น มีการผสมย้อมกลับไปกลับมาระหว่างพ่อ แม่ ญาติพี่น้อง หรือระหว่างพืชที่เป็น related species กันจนได้เป็นพืชชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมา

จ. มีโพลิพลอยดี้เกิดขึ้นในประชากรของพืช

การแบ่งถิ่นกำเนิดของพืช Vavilov อาศัยตัวอย่างพืชที่เขาพบและนำติดตัวกลับมาจากการสำรวจพืชส่วนใหญ่ที่เขาสำรวจพบเป็นพืชที่ได้การเพาะปลูกอยู่เสมอ (cultivated varieties) หาใช่พันธุ์ป่าที่แท้จริงไม่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความรีบเร่งในการสำรวจเพื่อจะครอบคลุมพื้นที่สำรวจให้มากที่สุดหรือทั่วโลก อาจทำให้การแบ่งถิ่นกำเนิดของพืชไม่ถูกต้องกับความเป็นจริงเท่าที่ควร แต่ละถิ่นกำเนิดของพืชแบ่งออกจากกันโดยภูเขา แม่น้ำ ทะเล ทะเลทราย และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เริ่มแรกในปี ค.ศ. 1962 เขาได้แบ่งถิ่นกำเนิดของพืชออกเป็น 6 ถิ่นและในเวลาต่อมาปี ค.ศ. 1935 ได้ขยายออกเป็น 8 ถิ่น ดังต่อไปนี้

1. ถิ่นประเทศจีน (The Chinese Center) เป็นถิ่นที่ใหญ่ที่สุด ครอบคลุมตอนกลางและตะวันตกของประเทศจีน พืชที่กำเนิดในเขตนี้ได้แก่ ถั่วเหลือง อ้อย ไผ่ ฝิ่น โสม งา ข้าวโพด ข้าวเหนียว ผักกาด หอม แตงกวา น้ำเต้า ท้อ สาลี่ พลัม ส้ม ฯลฯ

2. ถิ่นอินเดีย (The Indian Center) ซึ่งรวมพม่าและอัสสัม แต่ไม่รวมตอนเหนือของอินเดีย เขตนี้เป็นถิ่นกำเนิดของข้าว ถั่วเขียว แตงกวา ถั่วพุ่ม มะเขือ อ้อย ฝ้ายบางชนิด พริกไทย มะม่วง ส้ม กล้วย มะพร้าว คำฝอย ฯลฯ

3. ถิ่นเอเชียกลาง (The Central Asiatic Center) รวมทั้งภาคตะวันตกเฉียงเหนือของอินเดีย อัฟกานิสถาน และตอนใต้ของสหภาพโซเวียต เป็นถิ่นกำเนิดของข้าว

สาลีบางชนิด ข้าวไรย์ ถั่วลันเตา ถั่วเขียว งา คำฝอย ฝ้าย แตงแคนตาลูป กระเทียม หอม ฯลฯ

4. ถิ่นตะวันออกใกล้ (The Near Esatern Center)ซึ่งครอบคลุมประเทศอิหร่าน และเอเชียไมเนอร์ เป็นแหล่งกำเนิดของข้าวสาลีหลายชนิด อัลฟัลฟา งา ลินิน กะหล่ำ มะเดื่อ แอปเปิ้ล สาลี่ เชอรี่ องุ่น ฯลฯ

5. ถิ่นเมดิเตอร์เรเนียน (The Mediterranean Center) คือบริเวณรอบ ๆ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เป็นถิ่นกำเนิดของข้าวสาลีบางชนิด ข้าวโอ๊ต ถั่วลันเตา หน่อไม้ฝรั่ง กะหล่ำ ฯลฯ

6. ถิ่นบิสสิเนีย (The Abyssinian Center) ได้แก่ พื้นที่แถบอบิสสิเนีย และบางส่วนของโซมาลิแลนด์ เป็นถิ่นกำเนิดของข้าวบาเลย์ ข้าวสาลีพวก 2n =14 งา ข้าวฟ่าง คำฝอย ละหุ่ง กาแฟ ฯลฯ

7. ถิ่นเม็กซิโกตอนใต้และอเมริกากลาง (The South Mexican and Central American Center) เป็นถิ่นกำเนิดของข้าวโพด มันเทศ ฝ้าย มะละกอ ป่าน ศรนารายณ์ อโวกาโด ฯลฯ

8. ถิ่นอเมริกาใต้ (The South American Center) เป็นถิ่นกำเนิดของมันฝรั่ง มะเขือเทศ ยาสูบ ยางพารา ควินิน ถั่วลิสง สับปะรด มะม่วงหิมพานต์ ฯลฯ

ก่อนจะทำการปรับปรุงพันธุ์พืช สิ่งที่ต้องทราบประการแรก คือ พืชชนิดนั้นเป็นพืชผสมตัวเองหรือผสมข้าม และมีการสืบพันธุ์แบบไหน พืชบางชนิดสืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) บางชนิดก็มีการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ (sexual reproduction) และพืชบางชนิดก็มีการสืบพันธุ์ได้ทั้ง 2 แบบ พืชที่มีการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศนั้นนักปรับปรุงพันธุ์มักจะให้ความสนใจมากกว่า เนื่องจากสามารถทำการผสมพันธุ์ สร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรม และสามารถคัดเลือกพันธุ์ใหม่ ๆ ขึ้นมาได้

5.4 การสืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction)

พืชต้นใหม่ที่ได้จะเกิดจากส่วนหนึ่งส่วนใดของต้นเดิม (vegetative part หรือ vegetative) ที่ไม่ใช่อวัยวะเพศ (sex organs) โดยส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์เรียก "clone" ซึ่งได้แก่ ลำต้นใต้ดิน (rhizome) ของหญ้าชนิดต่าง ๆ ไหล (stolon) ของสตรอเบอรี่ หญ้าแพรก กลีบหัว (bulb) ของหอม กระเทียม ทิวลิป หัว (corm) ของเผือก กลาดิโอลัส ราก (root) ของมันเทศ หัว (tuber) ของมันฝรั่ง ตา (bud) ของกุหลาบ พุทรา และใบ (leaf) ของว่านหางจระเข้ คว่ำตายหงายเป็น เป็นต้น

พืชที่เกิดจากการขยายพันธุ์วิธีนี้ ต้นใหม่จะมีพันธุกรรมเหมือนต้นเดิมทุกประการ ยกเว้นกรณีเกิดการกลายพันธุ์ (bud mutation หรือ chimera) การปรับปรุงพันธุ์อาจใช้วิธีทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation breeding) หรือถ้าสามารถออกดอกให้เมล็ดได้ ก็ทำการผสมพันธุ์ (hybridization) แล้วจึงคัดเลือกพันธุ์ดีต่อไปได้

5.5 การสืบพันธุ์โดยอาศัยเมล็ดปลอมหรืออโปมิกซีส (apomixis)

อโปมิกซีส หมายถึง การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่ผิดปกติของพืช ซึ่งเมล็ดจะพัฒนาโดยตรงมาจากไข่โดยไม่มีการผสมเกสร

ชนิดของอโปมิกซีส

5.5.1 vegetative apomixis เป็นการผลิตต้นเล็ก ๆ โดยตรงบนช่อดอก เช่น ป่านศร-นารยณ์ หอมหัวใหญ่ลิ้นมังกร Teosinte เป็นต้น

5.5.2 agamospermy เป็นการสร้างเมล็ดปลอมแบบต่าง ๆ

ก. adventitious embryony เมล็ดจะเจริญโดยตรงมาจากส่วนของรังไข่ที่เรียก integument และ nucellus (2n) โดยไม่มีการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์และไม่มีการผสมเกสร ดังนั้น เมล็ดที่ได้จึงมีพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ทุกประการ พบในส้มและกุหลาบ

ข. parthenogenesis แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ haploid parthenogenesis ซึ่งเมล็ดจะเจริญโดยตรงมาจาก haploid egg (n) พืชต้นใหม่จะมีโครโมโซมเพียงครึ่งเดียวและเป็นหมัน พบในยาสูบ มะเขือ สำหรับ diploid parthenogenesis นั้น เมล็ดจะเจริญโดยตรงมาจากรังไข่ ซึ่งไม่มีการลดจำนวน

โครโมโซม ทำให้พืชต้นใหม่มีพันธุกรรมเหมือนต้นเดิมทุกประการ (2n) พบในพืชตระกูลทานตะวัน (Compositae) บางชนิด เช่น *Taraxacum* spp.

ค. pseudogamy เมล็ดจะพัฒนาจากไข่ที่ไม่มีการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เป็นพืช diploid (2n) โดยมีการถ่ายละอองเกสร แต่ไม่มีการผสมเกสร ละอองเกสรตัวผู้จะทำหน้าที่กระตุ้นให้ไข่พัฒนาต่อไปเท่านั้น พืชใหม่จะมีพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ทุกประการ พบในมันฝรั่งและสตรอเบอรี่

5.6 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)

เป็นการสืบพันธุ์ที่เกิดขึ้นในส่วนของอวัยวะเพศ โดยมีการรวมตัวกันระหว่างหน่วยสืบพันธุ์เพศผู้ (male gamete) และหน่วยสืบพันธุ์เพศเมีย (female gamete) เกิดเป็น zygote แล้วพัฒนาเป็น embryo ซึ่งออวุลจะเจริญเป็นเมล็ด (seed) ต่อไป

5.6.1 ส่วนประกอบของดอกพืช ก่อนที่จะเรียนรู้เรื่องกระบวนการสร้างหน่วยสืบพันธุ์ควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของดอกพืชก่อน เพื่อช่วยให้เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น

ดอกพืชจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก (receptacle) กลีบเลี้ยงแต่ละกลีบเรียก sepal แต่ถ้าติดเป็นแผ่นเดียวกันจะเรียกว่า calyx กลีบดอกแต่ละกลีบเรียก petal และถ้าติดกันเป็นหลอดยาวเรียก corolla ดอกตัวผู้ (stamen) ประกอบด้วยอับเรณูหรืออับละอองเกสรตัวผู้ (anther) ซึ่งมีละอองเกสรตัวผู้ (pollen) อยู่ภายใน และมีก้านชูอับละอองเกสรตัวผู้เรียก filament ส่วนดอกตัวเมีย (pistil) ประกอบด้วยยอดเกสรตัวเมีย (stigema) และมีก้านชูเกสรตัวเมีย เรียก style ซึ่งตรงโคนก้านชูจะเป็นรังไข่ (ovary) ภายในรังไข่จะมี ovule ซึ่งประกอบด้วย integument และ embryo sac และภายใน embryo จะมีนิวเคลียส 8 อัน คือเซลล์ไข่ 1 อัน antipodal จำนวน 3 อัน polar nuclei 2 อัน และ synergid 2 อัน

1) ระยะที่เป็นต้น (sporophytic generation) คือระยะที่พืชมีจำนวนโครโมโซมเป็น 2n คือตั้งแต่เป็นไซโกตและพัฒนาต่อไปเป็นเอ็มบริโอ (embryo) เป็นต้นอ่อน เป็นต้นแก่ และออกดอกซึ่งจะสร้างละอองเกสรและไข่ต่อไป

2) ระยะที่เป็นหน่วยสืบพันธุ์ (gametophytic generation) เป็นระยะที่พืชสร้างหน่วยสืบพันธุ์ (germ cell) ซึ่งมีกระบวนการต่าง ๆ ตามที่จะกล่าวต่อไปนี้

5.6.2 กระบวนการสร้างหน่วยสืบพันธุ์ (gametogenesis)

5.6.2.1 การสร้างหน่วยสืบพันธุ์เพศผู้ (male gamete) มี 2 ขั้นตอนคือ

1) microsporogenesis โดย microspore mother cell หรือ microsporocyte แบ่งเซลล์แบบ meiosis ได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ เรียก microspore หรือละอองเกสรตัวผู้ (pollen grain) ซึ่งมีจำนวนโครโมโซมเป็น n

2) microgametogenesis โดยละอองเกสรตัวผู้จะถูกพาไปโดยแมลง ลม ฯลฯ เมื่อตกบนยอดเกสรตัวเมียก็จะงอกท่อนำละออง (pollen tube) ซึ่งนิวเคลียสจะแบ่งตัวแบบ mitosis ได้เป็น 2 nuclei คือ generative nucleus และ tube nucleus นิวเคลียสทั้งสองจะเคลื่อนตัวไปตาม micropyle สู่ไข่แต่ก่อนที่จะทำการผสม generative nucleus จะแบ่งตัวแบบ mitosis ได้ 2 sperm cell ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นหน่วยสืบพันธุ์เพศผู้เพื่อเข้าผสมกับหน่วยสืบพันธุ์เพศเมียต่อไป

5.6.2.2 การสร้างหน่วยสืบพันธุ์เพศเมีย (female gamete)

1) megasporogenesis โดย megaspore mother cell หรือ megasporocyte แบ่งเซลล์แบบ meiosis ได้ 4 เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซม = n แต่ในที่สุดจะสลายตัวไป 3 เซลล์ เหลือเพียง 1 เซลล์ เรียก megaspore

2) megagametogenesis โดยนิวเคลียสใน megaspore จะแบ่งตัวแบบ mitosis 3 ครั้ง ได้ 8 nuclei แล้ว nuclei ทั้งหมดจะเรียงตัวใหม่โดยอยู่ด้านบน 3 nuclei เรียก antipodal ตรงกลาง 2 nuclei เรียก polar nuclei และอีกหนึ่งนิวเคลียสจะอยู่ด้านล่างเรียกไข่ (egg) โดยมี 2 nuclei ประกบอยู่ 2 ข้างของไข่เรียก synergid

การถ่ายละอองเกสร (pollination) หมายถึง การที่ละอองเกสรไปตกลงบนยอดเกสรตัวเมียโดยการพาของลม แมลง สัตว์ต่าง ๆ ฯลฯ ส่วนการผสมเกสร (fertilization) หมายถึง กระบวนการที่หน่วยสืบพันธุ์เพศผู้เข้ารวมกับหน่วยสืบพันธุ์เพศเมียได้เป็นไซโกต (zygote) โดยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้น 2 ครั้ง จึงเรียกว่าการปฏิสนธิซ้อน (double fertilization)

ดอกที่มีองค์ประกอบครบทั้ง 4 ส่วน คือ กลีบดอก กลีบเลี้ยง เกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมีย เรียกว่า ดอกสมบูรณ์ (complete flower) เช่น งา ถั่วเหลือง ฝ้าย เป็นต้น ส่วนดอกที่ขาดอวัยวะบางอย่างไป เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และอ้อย ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ก็เรียกว่า ดอกไม่สมบูรณ์ (incomplete flower) พืชที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันเรียกว่าดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) เช่น พืชตระกูลข้าวและถั่วชนิดต่าง ๆ ดังนั้น ดอกสมบูรณ์ จึงจัดว่าเป็นดอกสมบูรณ์เพศด้วย ส่วนดอกที่มีเฉพาะเกสรตัวผู้ เรียกว่า ดอกตัวผู้ (staminate flower) และดอกที่มีเฉพาะเกสรตัวเมีย เรียกว่า ดอกตัวเมีย (pistillate flower) ซึ่งเรียกดอกทั้งสองชนิดนี้รวม ๆ กันว่า ดอกไม่สมบูรณ์เพศ (imperfect flower)

พืชที่สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศนั้น จะมีชีพจักรหรือวัฏจักรชีวิต (life cycle) อยู่ 2 ระยะ โดยถือตามจำนวนโครโมโซมภายในเซลล์ดังนี้

1 sperm cell + egg ⟶ zygote
(n) (n) (n)

1 sperm cell + polar nuclei ⟶ endosperm
(n) (2n) (3n)

แต่ถ้า 1 sperm cell จากละอองเกสรตัวผู้หนึ่งผสมกับไข่ได้ไซโกต ในขณะที่อีก 1 sperm cell มาจากต่างละอองเกสรกัน เข้าผสมกับ polar nuclei ได้เป็นเอ็นโดสเปอร์ม เรียกว่าเกิด "heterofertilization"

5.6.3 พืชผสมตัวเอง (self pollinated crop หรือ autogamy) หมายถึง พืชที่ละอองเกสรตัวผู้จะผสมกับไข่ของดอกเดียวกัน โดยธรรมชาติแล้วพืชผสมตัวเองแต่ละต้นจะเป็นพืชพันธุ์แท้ และเมื่อผสมตัวเองก็จะไม่เกิดการเสื่อมถอยของลักษณะ (ไม่เกิด inbreeding depression) พืชผสมตัวเองได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วพู ฝ้าย ปอแก้ว กระเจี๊ยบ งา มะเขือเทศ ยาสูบ มันฝรั่ง มะเขือ ฯลฯ

สาเหตุที่ทำให้พืชผสมตัวเองนั้นอาจเนื่องมาจากการถ่ายละอองเกสรจะเกิดขึ้นในดอกที่ไม่บานเลย (cleistogamy) ทำให้พืชต้องผสมตัวเอง ได้แก่ ผักกาดหอม หญ้า Rhodes bromegrass ข้าวโอ๊ต และข้าวสาลีบางชนิด แต่ถ้าการถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นก่อนดอกบาน เรียกว่า chasmogamy ได้แก่ ข้าว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ฯลฯ นอกจากนี้แล้วโครงสร้างของดอกพืชก็มีส่วนทำให้พืชเกิดการผสมตัวเอง เช่น ในมะเขือเทศ ยอดเกสรตัวเมียจะถูกหุ้มด้วยอับเรณูอยู่รอบ ๆ ทำให้เกิดการผสมตัวเองเป็นส่วนใหญ่

5.6.4 พืชผสมข้าม (cross pollinated crop หรือ allogamy) หมายถึง พืชที่ละอองเกสรตัวผู้ผสมกับไข่ในดอกของคนละต้น ซึ่งพันธุกรรมของพืชผสมข้ามจะเป็นพวกพันธุ์ทาง (heterozygosity) และถ้าบังคับให้ผสมตัวเองจะเกิด inbreeding depression ได้แก่ ข้าวข้าวโพด ไรย์ พืชผักตระกูลแตง ยางพารา ละหุ่ง มะม่วง มะละกอ ทานตะวัน หอม ปาล์มน้ำมัน ฯลฯ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พืชผสมข้ามคือ

1) dioecious plant เป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละต้น เช่น หน่อไม้ ฝรั่ง อินทผลัม hops มะละกอ (บางพันธุ์)

2) monoecious plant เป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่บนต้นเดียวกัน เช่น ผักตระกูลแตง

3) protandry หมายถึง ละอองเกสรตัวผู้แก่ก่อนและพร้อมที่จะผสมก่อนดอกตัวเมีย ได้แก่ พวก Asteraceae

4) protogyny หมายถึง เกสรตัวเมียแก่ก่อนที่ละอองเกสรตัวผู้จะแตกออกมาผสม ได้แก่ ละหุ่ง มันสำปะหลัง สตรอเบอรี่

5) sterility (การเป็นหมัน) หมายถึง พืชที่เกสรตัวผู้หรือตัวเมียเป็นหมัน ทำให้ไม่สามารถผสมภายในดอกเดียวกันได้ พืชที่มีดอกตัวผู้หรือละอองเกสรตัวผู้เป็นหมัน จะมีประโยชน์มากในการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสม (F_1 hybrid) เพื่อการค้า ได้แก่ ข้าว ข้าวฟ่าง ทานตะวัน ข้าวสาลี ซึ่งพืชเหล่านี้บางสายพันธุ์จะมีดอกตัวผู้เป็นหมันและนำมาใช้ผลิตพืชลูกผสมได้

6) self-incompatibility (การผสมตัวเองไม่ติด) หมายถึง พืชที่มีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน แต่ไม่สามารถผสมกันเองได้ เพราะมีปฏิกิริยาทางชีวเคมีบางอย่าง ทำให้ละอองเกสรตัวผู้ไม่สามารถงอกลงไปผสมกับไข่ของต้นเดียวกัน หรือแม้แต่ต่างมียีโนไทป์ เหมือนกันก็ผสมกันไม่ได้ พบมากในผักตระกะหล่ำ

5.6.5 การตรวจสอบวิธีการถ่ายละอองเกสรของพืช ในบางครั้งที่มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน หรือมีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ก็อาจจะไม่ใช่พืชผสมตัวเอง จึงควรจะที่จะตรวจสอบดูว่าโดยธรรมชาติแล้วพืชชนิดนั้น ๆ เป็นพืชผสมตัวเองหรือพืชผสมข้ามซึ่งอาจตรวจสอบได้โดย

1) ตรวจดูโครงสร้างของดอกว่าเป็น dioecious หรือ monoecious หรือไม่ถ้ามีทั้ง 2 เพศอยู่ในดอกเดียวกันต้องตรวจสอบต่อไป

2) ตรวจดูการติดเมล็ด โดยใช้ถุงป้องกันแมลงคลุมช่อดอก ถ้าสามารถติดเมล็ดได้ก็น่าจะเป็นพืชผสมตัวเอง แต่ก็ไม่แน่เสมอไป จะต้องตรวจสอบดูว่ามี inbreeding depression หรือไม่ ถ้าลูกที่ได้ไม่มี inbreeding depression แสดงว่าเป็นพืชผสมตัวเอง แต่ถ้ามี inbreeding depression ก็แสดงว่าเป็นพืชผสมข้าม อย่างไรก็ตามการใช้ถุงคลุมจะต้องระวังเรื่องอุณหภูมิภายในถุงด้วย เพราะถ้าร้อนเกินไปก็อาจทำให้เกสรตัวผู้เป็นหมันหรือเมล็ดร่วงได้ ทั้ง ๆ ที่โดยธรรมชาติมันอาจจะเป็นพืชผสมตัวเองก็ได้

สำหรับการตรวจสอบดูว่าพืชชนิดนั้น ๆ มีเปอร์เซ็นต์ผสมข้ามเท่าไร อาจใช้วิธีปลูกพืชต่างพันธุ์ เช่น มีสีเมล็ดต่าง ๆ กัน นำมาปลูกสลับแถวกันเพื่อตรวจสอบรุ่นลูกว่ามีเปอร์เซ็นต์ผสมข้ามเท่าไร โดยดูจากเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวในรุ่นลูก

5.6.6 การผสมตัวเองไม่ติด (self-incompatibility) หมายถึง กรณีที่พืชมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย แต่ไม่สามารถผสมตัวเองได้ และไม่สามารถผสมข้ามกับต้นที่มีพันธุกรรมเหมือนกันได้ เนื่องจากมีกระบวนการทางชีวเคมีบางอย่างมายับยั้งการงอกของ pollen tube ลักษณะการผสมตัวเองไม่ติดนี้ถูกควบคุมโดยยีน 1-2 คู่ พบในพืชหลายตระกูล เช่น Cruciferae, Compositae, Gramineae, Solanaceae, Rosaceae, Leguminosae เป็นต้น

การผสมตัวเองไม่ติดแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1) gametophytic incompatibility พืชจะผสมติดหรือไม่ขึ้นกับยีโนไทป์ของหน่วยสืบพันธุ์ของเกสรตัวผู้ โดยเกสรตัวผู้จะไม่งอกหรืองอกได้ช้ามากบนยอดเกสรตัวเมียที่มียีโนไทป์เหมือนกัน ลักษณะนี้ถูกควบคุมโดยยีนเพียงคู่เดียวแต่เป็น multiple alleless คือ S_1, S_2, S_3,.....S_n พบใน Nicotiana sanderae

ตัวผู้ / ตัวเมีย	S_1S_2	S_2S_3	S_3S_4
S_1S_2	-	S_1S_3, S_2S_3	S_1S_3, S_2S_3, S_1S_4, S_2S_4
S_2S_3	S_1S_2, S_1S_3	-	S_2S_4, S_3S_4
S_3S_4	S_1S_3, S_2S_3, S_1S_4, S_2S_4	S_2S_3, S_2S_4	-

จากไดอะแกรมข้างบนนี้จะสังเกตเห็นว่าถ้ายีโนไทป์ gamete ของเกสรตัวผู้ตัวใดที่เหมือนกับ gamete ของเกสรตัวเมีย ก็จะไม่สามารถผสมกันได้

2) sporophytic incompatibility ในกรณีนี้ละอองเกสรตัวผู้จะงอกบนยอดเกสรตัวเมียได้หรือไม่ขึ้นกับ diploid genotype ของต้นพ่อ ซึ่งลักษณะนี้ถูกควบคุมโดยยีนเพียงคู่เดียว แต่เป็น multiple alleles และ *S* alleles ที่ควบคุมลักษณะนี้จะข่มกันตามลำดับ คือ $S_1 > S_2 > S_3 > .....S_n$ ส่วนในต้นแม่ *S* alleles แต่ละตัวจะไม่มีการข่มกัน (no dominance effect) พบในพืชพวก Compositae, Cruciferae เช่น *Brassica oleracea, Rhaphanus sativus* (แรดิช) กรณีของ sporophytic incompatibility นี้ถ้าทำการผสมสลับพ่อสลับแม่กัน (reciporocal cross) ก็อาจจะทำให้มีการผสมตัวเองติดหรือไม่ติดแตกต่างกันได้

ตัวเมีย	ตัวผู้	หน่วยสืบพันธ์เพศผู้	ยีโนไทป์ของ F_1
$S_1 S_2$	$S_1 S_2$	-	
$S_1 S_2$	$S_2 S_3$	-	
$S_2 S_3$	$S_1 S_2$	$S_1 S_2$	$S_1 S_2, S_1 S_2, S_1 S_3, S_2 S_3$
$S_1 S_2$	$S_3 S_4$	$S_3 S_4$	$S_1 S_3, S_2 S_3, S_1 S_4, S_2 S_4$

การพิจารณาว่าจะผสมติดหรือไม่ให้ดูฟีโนไทป์ของต้นพ่อก่อน ถ้าฟีโนไทป์ไม่เหมือนกับ gamete ของต้นแม่ ต้นพ่อก็จะสร้าง gamete ได้และผสมได้ตามปกติ ถ้าฟีโนไทป์ของต้นพ่อไปเหมือน gamete ของต้นแม่ตัวใดตัวหนึ่งก็จะทำให้ไม่สามารถผสมได้เลย การผสมตัวเองไม่ติดชนิดนี้จึงได้ F_1 ที่ครบถ้วนทุกยีโนไทป์ หรือไม่สามารถผลิต F1 ได้เลยแม้เพียงครึ่งเดียว จึงต่างกับ gametophytic incompatibility

3) heteromorphic incompatibility เป็นการผสมตัวเองไม่ติดที่เนื่องมาจากโครงสร้างของดอก พบในพืชพวก Primula โดยพืชชนิดนี้มีดอก 2 แบบคือ thrum ซึ่งจะมีอับเรณูอยู่เหนือยอดเกสรตัวเมีย และแบบ pin ซึ่งมีอับเรณูอยู่ต่ำกว่ายอดเกสรตัวเมีย

จากการศึกษาพบว่าดอกแบบ thrum และ pin ไม่สามารถผสมตัวเองได้ สันนิษฐานว่าอาจจะเนื่องมาจากโครงสร้างของดอกไม่เอื้ออำนวย แต่ถ้าเป็นกรณีของ

pin ก็น่าจะผสมได้ ดังนั้นจึงมีการศึกษาต่อไป พบว่า ถ้าเอา thrum x pin ก็จะได้ลูกที่มีอัตราส่วนของ thrum : pin = 1 : 1 จึงสันนิษฐานว่าความจริงแล้วการผสมตัวเองไม่ติดแบบนี้ก็คือ sporophytic incompatibility นั่งเอง โดยยีนเด่นคือ S จะข่มยีนด้อยคือ s และ Ss (thrum) x ss (pin) จะได้ลูกที่มีอัตราส่วนของยีโนไทป์ เป็น *Ss :ss* = 1 : 1

ในบางครั้งพบว่าอาจจะมีดอกของ Primula ที่มีอับเรณูและยอดเกสรตัวเมียยาวเท่ากันเรียก long homostyle ซึ่งน่าจะเกิดจาก crossing over ระหว่างยีนที่อยู่ใกล้ชิดกันมาก

วิธีแก้ไขการผสมตัวเองไม่ติด

1. ใช้วิธีลอกผิวหน้าของยอดเกสรตัวเมียซึ่งเชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตสารที่ควบคุมการงอกของละอองเกสรตัวผู้

2. ทำ bud pollination คือการนำเอาละอองเกสรตัวผู้ ที่แก่เต็มที่แล้วไปผสมกับเกสรตัวเมีย ที่ยังอ่อนอยู่ ก่อนที่บริเวณยอดของเกสรตัวเมียจะเริ่มผลิตสารที่เป็นพิษต่อการงอกของละอองเกสรตัวผู้

3. ทำการผสมเกสรในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำเพราะเชื่อว่าในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกระบวนการสร้างสารพิษจะเกิดช้า

4. การทำให้ S alleles เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) โดยการใช้รังสีหรือสารเคมี

หลักฐานทางชีวเคมีเกี่ยวกับสาเหตุของการผสมตัวเองไม่ติด

เชื่อกันว่ากระบวนการเกิดการผสมตัวเองไม่ติดนั้นจะเหมือนกับระบบการสร้าง antigen ของสัตว์ ซึ่งร่างกายของสัตว์จะไม่ยอมรับสิ่งแปลกปลอมและเชื้อโรคเข้าไปในร่างกาย มีการทดลองเอาโปรตีนที่สกัดได้จากยอดเกสรตัวเมียไปฉีดเข้าในกระต่ายเพื่อให้กระต่ายผลิต antiserum แล้วนำ antiserum มาทดสอบกับโปรตีนที่สกัดได้จากยีโนไทป์ต่าง ๆ ปรากฏว่า proein ที่สกัดจาก genotype ที่เหมือนกันจะทำปฏิกิริยากัน Nasrallah *et al.* (1970) ได้เสนอแนะกลไกการเกิดการผสมตัวเองไม่ติดว่า "แต่ละ *S* allele จะสร้างโปรตีนต่างชนิดกัน ซึ่งอาจจะต่างกันเพียงกรดอะมิโนบางตัว และโปรตีนที่

ได้จะทำงานคล้าย ๆ กับเป็นตัวควบคุมการสร้างเอ็นไซม์ ซึ่งจำเป็นสำหรับกระตุ้นให้ละอองเกสรตัวผู้งอกเมื่อตกลงบนยอดเกสรตัวเมีย

5.6.7 ตัวผู้เป็นหมัน (male sterility)

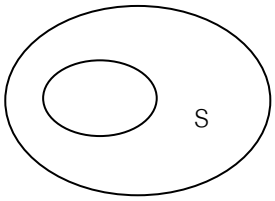
พืชก็เหมือนมนุษย์และสัตว์ที่อาจจะเกิดเป็นหมันได้ ทั้งตัวผู้และตัวเมีย แต่สำหรับในพืชแล้ว male sterility หมายถึง เกสรตัวผู้เป็นหมันซึ่งเป็นลักษณะที่มีประโยชน์มากในการปรับปรุงพันธุ์พืชและโดยเฉพาะการนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพืชลูกผสม (F_1 hybrid)

การเป็นหมันของตัวผู้จะมีหลายแบบ เช่น pollen sterility คือ ไม่มีละอองเกสรตัวผู้เกิดขึ้น staminal sterility คือไม่มีเกสรตัวผู้ (stamen) เกิดขึ้น และ structural sterility หมายถึง
อับละอองเกสรตัวผู้ไม่แตกออกมา ทำให้ละอองเกสรตัวผู้ไม่สามารถปลิวออกไปผสมกับเกสรตัวเมียได้

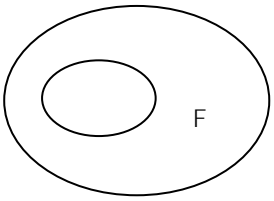
ตัวผู้เป็นหมันมี 3 แบบ คือ

1) genetic male sterility การเป็นหมันชนิดนี้มีสาเหตุมาจากยีนด้อยเพียงคู่เดียว (*ms*)โดยพืชที่มียีโนไทป์ *msms* จะเป็นหมัน ส่วนต้นที่มียีโนไทป์ แบบ *Msms* หรือ *MsMs* จะสามารถผลิตละอองเกสรตัวผู้ได้ตามปกติ พบในพืชพวก ข้าว ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ มะเขือเทศ มันฝรั่ง ฯลฯ การเป็นหมันแบบนี้มีประโยชน์ในการปรับปรุงประชากรของพืช (population improvement) โดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์ซ้ำ (recurrent selection) และอาจใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสมได้ แต่ต้องหายีนตัวอื่นที่อยู่ติดกับยีนนี้ (linked gene) เพื่อเป็นเครื่องหมาย เช่น ในข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีจะสังเกตได้ง่าย เพราะช่อดอกที่เป็นหมันจะไม่แน่นเหมือนช่อดอกปกติ และเมื่อดอกบานกลับดอกจะเปิดนานกว่าปกติ

2) cytoplasmic male sterility การเป็นหมันชนิดนี้ขึ้นอยู่กับหน่วยพันธุกรรมบางชนิดที่อยู่ใน cytoplasm



เป็นหมัน sterile



ไม่เป็นหมัน (fertile หรือ normal)

การเป็นหมันแบบนี้มีประโยชน์มากในพวกไม้ดอก เพราะลูกผสมที่เป็นหมักจะไม่มีการผสมเกสร ทำให้ดอกบานได้นานและทน นอกจากนี้แล้วอาจใช้ผลิตพืชลูกผสมที่ใช้ประโยชน์จากส่วนหัวใบหรือต้น แต่ไม่เหมาะสำหรับพืชที่ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดหรือใช้ประโยชน์จากเมล็ด เพราะลูกผสมที่ได้จะเป็นหมันทั้งหมด จึงไม่สามารถสร้างเมล็ดได้

3) cytoplasmic genetic male sterility การเป็นหมันแบบนี้จะเกิดจากปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างยีนในไซโตพลาสซึมและในนิวเคลียส โดยยีนในนิวเคลียสจะมียีนชนิด "restorer gene" คือ ยีนที่ทำให้ไซโตพลาสซึมกลับคืนไปเป็นปกติได้อีก

การเป็นหมันชนิดนี้มีประโยชน์มากในการใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม (F_1 hybrid) ในเชิงการค้าเพราะว่าเกษตรกรไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ได้อีก ต้องมาซื้อกับผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ทุกครั้งที่ต้องการปลูก

ขั้นตอนการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสม (F_1 hybrid)

การผลิตเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสมโดยใช้ประโยชน์จากการเป็นหมันแบบ cytoplasmic genetic male sterility จะต้องประกอบไปด้วยพืชพันธุ์แท้ 3 ชนิด คือ

1) A-line เป็นสายพันธุ์แม่ที่ใช้ในการผลิตลูกผสม

2) B-line เป็นสายพันธุ์แม่ที่ใช้อนุรักษ์สายพันธุ์แม่ (เรียกสายพันธุ์อนุรักษ์หรือ maintainer)

3) R-line เป็นสายพันธุ์พ่อที่จะใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสม

เพื่อความเข้าใจในการนำระบบการเป็นหมันของพืชแบบ cytoplasmic-genetic male sterility มาใช้ประโยชน์ในที่นี้จึงขอยกตัวอย่างการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างลูกผสม (F_1 hybrid) ที่บริษัทเมล็ดพันธุ์พืชดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างลูกผสม

การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างลูกผสมในทางการค้านั้นจะต้องใช้ข้าวฟ่างสายพันธุ์แท้ 3 ชนิดคือ

1. A-line ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่เป็นหมันและใช้เป็นพันธุ์แม่

2. B-line ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ไม่เป็นหมัน และใช้เป็นตัวอนุรักษ์ (maintainer) ลักษณะเป็นหมันของ A-line พันธุ์ B-line จะมีลักษณะภายนอกเหมือน A-line ทุกประการ (เรียกว่าเป็น isogenic line กัน) ยกเว้น B-line ไม่เป็นหมันเท่านั้น และ B-line จะต้องมี non-restorer gene (ยีนที่ไม่ทำให้กลับคืนไปเป็นต้นปกติ) กับ A-line ซึ่งเมื่อผสมกับ A-line แล้วจะได้ A-line เหมือนเดิม

3. R-line เป็นสายพันธุ์พ่อซึ่งมี restorer gene กับ A-line คือเมื่อผสมกับ A-line แล้วจะได้ลูกผสมที่ไม่เป็นหมัน และใช้เมล็ดปลูกเป็นการค้าได้ (commercial hybrid)

ในทางการค้าแล้วข้าวฟ่างลูกผสมมักจะผลิตตามกรรมวิธีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเราเรียกว่าเป็นพวกลูกผสมเดี่ยว (single cross) แต่บางครั้งอาจจะดัดแปลงให้ได้ลูกผสมชนิดอื่น ๆ บ้างก็ได้ เช่น การผสมสลับระหว่าง A-line กับ B-line ของอีกพันธุ์หนึ่งซึ่งลูกผสมที่ได้นี้อาจจะเรียกว่าลูกผสมสามทาง (three way cross) หรือบางครั้งอาจจะคลุกเมล็ด R-line หลาย ๆ สายพันธุ์ที่คัดเลือกลักษณะต่าง ๆ ตามต้องการ เพียงแต่มีลักษณะบางอย่างแตกต่างกันเท่านั้น โดยคลุกเมล็ดเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาการติดเมล็ดต่ำเนื่องจากดอกตัวผู้และดอกตัวเมียบานไม่พร้อมกันในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์

การอนุรักษ์สายพันธุ์ A-line

ทำได้โดยการปลูกพันธุ์ A-line และ B-line ในแปลงที่ห่างจากแปลงปลูกข้าวฟ่างพันธุ์อื่น ๆ (isolated plot) อย่างน้อย 200 เมตร โดยปลูก A-line แถวสลับกับ B-line 2 แถว (สัดส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้แล้วแต่ความเหมาะสม) ไปเรื่อย ๆ และรอบ ๆ แปลงควรจะปลูก B-line ล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ละอองเกสรตัวผู้จากแถว B-line มีการกระจายอย่างทั่วถึง แถวปลูกควรจะขวางทิศทางลม นอกจากนี้ควรศึกษาอายุการ

บานของดอกให้ดีด้วย เพื่อให้ A-line และ B-line ออกดอกพร้อม ๆ กัน เพราะถึงแม้ว่าทั้ง A-line และ B-line จะเป็น isogenic line กันก็จริง แต่โดยทั่วไปแล้ว A-line มักจะออกดอกช้ากว่าB-line ประมาณ 2-3 วันนอกจากนี้แล้วมีข้อควรระวังคือถ้ามีเมล็ดหรือต้นปนมากับ A-line หรือ B-line ต้องคัดเมล็ดทิ้งก่อนปลูกหรือถอนต้นทิ้งก่อนออกดอก เพราะเมล็ดที่ได้จะบริสุทธิ์หรือไม่ขึ้นอยู่กับทั้ง A-line และ B-line

เมื่อข้าวฟ่างแก่เต็มที่แล้วจะเก็บเกี่ยวเฉพาะช่อดอกที่ได้จากแถว A-line เท่านั้น ซึ่งเมื่อนำไปนวดแล้วเมล็ดที่ได้จะเป็น A-line เหมือนเดิม สำหรับแถว B-line นั้นก็อาจจะเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ต่อไปได้อีก

การรักษาสายพันธุ์ B-line

ทำเหมือนกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ทั่ว ๆ ไป เนื่องจากไม่เป็นหมันและสามารถผสมตัวเองได้ แต่ต้องปลูกให้ห่างจากแปลงข้าวฟ่างพันธุ์อื่น ในทำนองเดียวกับการผลิต A-line ข้อควรระวังก็คือถ้ามีเมล็ดปนมาจะต้องคัดทิ้งเสียก่อน หรือถ้ามีปนก็ต้องตัดทิ้งก่อนที่จะออกดอกเมื่อแก่ก็เก็บเมล็ดทั้งหมดรวมกันซึ่งจะได้เมล็ด B-line เหมือนเดิม

การรักษาสายพันธุ์ R-line

ทำเช่นเดียวกับการรักษาสายพันธุ์ B-line

การปลูกข้าวฟ่างเพื่อผลิตเมล็ดลูกผสม

ทำในลักษณะเดียวกับการผลิต A-line กล่าวคือปลูก A-line 4 แถวสลับกับ R-line 2 แถว และมีแถวของ R-line ล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง ข้อควรระวังก็คือถ้ามีเมล็ดหรือต้นปนมากับ
A-line หรือ R-line ให้คัดเมล็ดทิ้งก่อนปลูกหรือตัดต้นทิ้งก่อนออกดอก เพราะความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่ได้จะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของ A-line และ R-line ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมนี้แถวปลูกควรขวางทิศทางลม เพื่อช่วยให้การถ่ายละอองเกสรดีขึ้น สิ่งที่สำคัญที่สุดอีกประการหนึ่งก็คือต้องวางแผนปลูกให้ A-line และ B-line ออก

ดอกพร้อม ๆ กัน เมื่อเมล็ดแก่จะเก็บเกี่ยวช่อดอกจากแถว A-line เท่านั้น และเมื่อนำช่อดอกไปนวดแล้วเมล็ดที่ได้ก็คือเมล็ดพันธุ์ลูกผสมนั่นเอง

****

บทสรุป

พืชปลูกที่เราใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อยู่นี้ล้วนมีวิวัฒนาการมาจากการผสมพันธุ์ของพืชป่า ซึ่งการผสมนั้นอาจเกิดจากการผสมข้ามชนิดกัน ผสมข้ามสกุล จึงทำให้เกิดความหลากหลายและเกิดความผันแปรของลักษณะพันธุกรรมแตกต่างกันออกไป ส่วนการสืบพันธุ์ของพืชนั้นเราจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเช่น การแตกหน่อ การเจริญเป็นไหล เป็นต้น และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศซึ่งเกี่ยวข้องกับเพศของพืชที่แท้จริง โดยพืชมีดอกนั้นจะมีการปฏิสนธิซ้อน กล่าวคือการผสมครั้งที่หนึ่งเกิดจากสเปิร์มเซลล์ผสมกับเซลล์ไข่แล้วเซลล์ที่ได้จึงเจริญพัฒนาเป็นไซโกต และครั้งที่สองเกิดการผสมระหว่างสเปิร์มเซลล์กับโพลาร์นิวคลีไอด์ได้เอ็นโดสเปิร์ม ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของต้นอ่อนนั่นเอง

แบบประเมินผลท้ายบท

1. พืชปลูกในปัจจุบันได้มาจากแหล่งใด ?
    1) พืชพันธุ์ป่า
    2) พืชพันธุ์ปลูก
    3) พืชกลายพันธุ์
    4) ถูกทุกข้อ
2. การผสมข้ามชนิดก่อให้เกิดกระบวนการใดตามมา ?
    1) introgression
    2) deletion
    3) addition
    4) ทุกข้อ
3. วิวัฒนาการของพืชปลูกมีหลายขั้นตอนได้แก่ ?

1) การผสมข้ามชนิด

2) การเกิดโพลิพลอยดี้

3) การกลายพันธุ์

4) ทุกข้อ

4. การเพิ่มชุดโครโมโซมโดยชุดที่เพิ่มขึ้นมาเหมือนชุดเดิมเรียกว่า ?

1) allopolyploid

2) autopolyploid

3) chromosome polyploid

4) ถูกทุกข้อ

5. กระบวนการ introgression หมายถึงข้อใด ?

1) ชิ้นส่วนของโครโมโซมถูกถ่ายทอดไปสู่พืชชนิดหนึ่ง

2) การหายไปของโครโมโซม

3) การเพิ่มขึ้นของโครโมโซม

4) การการลดลงของชิ้นส่วนของโครโมโซม

6. ข้าวสาลีเกิดจากการผสมแบบใด ?

1) การผสมข้ามชนิด

2) การผสมข้ามสกุล

3) การผสมในชนิดเดียวกัน

4) การผสมในสกุลชนิดเดียวกัน

7. การเพิ่มขึ้นของชุดโครโมโซม ถ้ามีชุดที่เพิ่มขึ้นมาต่างจากชุดเดิมเรียกว่า ?

1) allopolyploid

2) autopolyploid

3) chromosome polyploid

4) ถูกทุกข้อ

8. สารที่ทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ในพืชเรียกว่า ?

1) mutagent

2) chemical

3) hormone

4) ถูกทุกข้อ

9. เกณฑ์ใดที่ใช้กำหนดให้พื้นที่นั้นเป็นถิ่นกำเนิดพืชได้แก่ ?

1) มีพืชพันธุ์ป่าและมีการกลายพันธุ์

2) fossil

3) มีพื้นที่เป็นหุบเขา

4) ถูกทุกข้อ

10. ตามแนวคิดของ vavilov แบ่งถิ่นกำเนิดพืชได้เป็นกี่ถิ่น ?

1) 6 ถิ่น

2) 8 ถิ่น

3) 10 ถิ่น

4) 12 ถิ่น

11. ประเทศจีน พืชที่กำเนิดในถิ่นนี้คือ ?

1) ถั่วเหลือง

2) ข้าว

3) พริกไทย

4) กระเทียม

12. อเมริกาใต้ พืชที่กำเนิดในถิ่นนี้คือ ?

1) มันฝรั่ง

2) มะเขือเทศ

3) ยางพารา

4) ถูกทุกข้อ

13. ข้าวถือกำเนิดในประเทศใด ?

1) อินเดีย

2) จีน

3) อบิสสิเนีย

4) เมดิเตอร์เรเนียน

14. ถิ่นอบิสสิเนียให้กำเนิดพืชชนิดใด ?

1) ข้าวบาเลย์

2) ถั่วลันเตา

3) กะหล่ำ

4) อัลฟัลฟา

15. เมดิเตอร์เรเนียน เป็นถิ่นกำเนิดพืชชนิดใด ?

1) ข้าวโพด

2) ยางพารา

3) ข้าวสาลี

4) สับปะรด

การสืบพันธุ์ของพืช

16. ส่วนของพืชที่ใช้ในการขยายพันธุ์ ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเรียกว่า ?

1) โคลน

2) เมล็ด

3) ใบพืช

4) ผล

17. พืชชนิดใดมีลำต้นแบบ stolon ?

1) สตรอเบอรี่

2) ข้าว

3) พริกไทย

4) กระเทียม

18. พืชชนิดใดมีลำต้นแบบเดียวกับกระเทียม ?

1) หอม

2) ทิวลิป

3) หญ้าแพรก

4) ข้อ 1) และข้อ 2 ถูก

19. พืชที่มีลำต้นแบบ corm คือ ?

1) เผือก

2) มันเทศ

3) มันฝรั่ง

4) กระเทียม

20. เมล็ดพืชที่เจริญมาจากส่วนของรังไข่โดยไม่ได้รับการผสมเรียกว่า ?

1) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

2) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

3) อโปมิกซิส

4) โคลน

21. vegetative apomixis พบในพืชชนิดใด ?

1) ป่านศรนารายณ์

2) หอมหัวใหญ่

3) ลิ้นมังกร

4) ทุกข้อ

22. เมล็ดเจริญจากรังไข่และนิวเซลลัสมีพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ทุกประการเรียกว่า ?

1) adventitious embryony

2) parthenogenesis

3) embryo genesis

4) ทุกข้อ

23. การสืบพันธุ์แบบอาศัยของพืชมีดอกข้อใดกล่าวถูกต้อง ?

1) มีระยะสปอโรไฟต์เด่น

2) มีระยะแกมีโตไฟต์เด่น

3) เกิดการปฏิสนธิสองครั้ง

4) ข้อ 1) และ 2) ถูกต้อง

24. ส่วนของดอกไม้ที่มีสีสันสวยงามใช้ล่อแมลงผสมเกสรคือ ?

1) ฐานรองดอก

2) กลีบดอก

3) กลีบเลี้ยง

4) เกสรตัวเมีย

25. โพลาร์นิวคลีไอ ภายในรังไข่มีชุดโครโมโซมจำนวนเท่าใด ?

1) จำนวน 2 ชุด

2) จำนวน 3 ชุด

3) จำนวน 4 ชุด

4) จำนวน 5 ชุด

26. ก่อนการผสมกับไข่ เจเนอเรทีฟ นิวเคลียส มีการแบ่งตัวแบบใด ?

1) meiosis

2) mitosis

3) binary fission

4) ทุกข้อ

27. double fertilization ผลที่เกิดขึ้นคือ ?

1) ไซโกต

2) เอนโดสเปิร์ม

3) นิวเซลลัส

4) 1) และ 2) ถูกต้อง

28. เกสรจากต่างที่กันผสมกับไข่และโพลาร์นิวคลีไอในรังไข่เดียวกันเรียกว่า ?

1) homozygote

2) heterozygote

3) heterofertilization

4) homofertilization

29. พืชที่ผสมตัวเองถ้ามีการถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้นก่อนดอกบาน เรียกว่า ?

1) chasmogamy

2) allogamy

3) cleistogamy

4) ทุกข้อ

30. มะละกอ จัดเป็นพืชที่มีการสืบพันธุ์ในลักษณะใด ?

1) protrandy

2) diecious

3) monoecious

4) protogyny

31. พืชที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่บนต้นเดียวกัน เรียกว่า ?

1) protrandy

2) diecious

3) monoecious

4) protogyny

32. พืชที่มีเกสรตัวเมียแก่ก่อนเกสรตัวผู้เรียกว่า ?

1) protrandy

2) diecious

3) monoecious

4) protogyny

33. ลักษณะที่ละอองเกสรตัวผู้ไม่งอกหรืองอกได้ช้าบนยอดเกสรตัวเมียเรียกว่า ?

1) sporophytic incompatibility

2) gametophytic incompatibility

3) heteromorphic incompatibility

4) homomorphic incompatibility

34. ดอกไม้แบบ thrum มีลักษณะแบบใด ?

1) อับเรณูอยู่เหนือยอดเกสรตัวเมีย

2) อับเรณูอยู่ต่ำกว่ายอดเกสรตัวเมีย

3) อับเรณูอยู่ระดับเดียวกันกับยอดเกสรตัวเมีย

4) 1) และ 2) ถูกต้อง

35. วิธีการแก้ไขการผสมตัวเองไม่ติดควรแก้ไขอย่างไร ?

1) การลอกผิวหน้ายอดเกสรตัวเมีย

2) การทำ bud pollination

3) การผสมเกสรในที่อุณหภูมิต่ำ

4) ถูกทุกข้อ

เฉลยแบบประเมินผล

1. 1)	2. 1)	3. 4)	4. 2)	5. 1)	6. 1)	7. 2)
8. 1)	9. 4)	10. 2)	11. 1)	12. 4)	13. 1)	14. 1)
15. 3)	16. 1)	17. 1)	18. 4)	19. 1)	20. 3)	21. 4)
22. 1)	23. 4)	24. 2)	25. 1)	26. 2)	27. 4)	28. 3)
29. 1)	30. 2)	31. 3)	32. 4)	33. 2)	34. 1)	35. 4)

****