# บทที่ 4

# ความสัมพันธ์กับปัจจัยทางชีวภาพด้านการเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช

## (ชั่วโมงบรรยายที่ 9 - 10)

**จุดประสงค์การเรียนรู้** นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายของการเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืชได้
2. ยกตัวอย่างการวัดการเติบโตของพืชได้
3. อธิบายการสืบพันธุ์ลักษณะต่าง ๆ ของพืชได้
4. วิเคราะห์ข้อจำกัดของการถ่ายเรณู (pollination) ประเภทต่าง ๆ ได้
5. อธิบายประเภทของการแพร่กระจายเมล็ดได้ (seed dispersal)

## การเติบโตของพืช (plant growth)

การเติบโตของพืช มีลักษณะเป็นโมดูลาร์ (modular) คือมีการเพิ่มจำนวนของหน่วยเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะซ้ำ ๆ ขึ้นเรื่อย (ภาพที่ 4.1) โดยการเพิ่มจำนวนของหน่วยอวัยวะนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อเยื่อเจริญของพืช ซึ่งส่วนมาอยู่ที่ปลายยอดและราก

**ภาพที่ 4.1** การเติบโตของต้นฝ้าย สังเกตขนาดต้นและจำนวนใบและรากที่เพิ่มขึ้น

(ที่มา: http://www.soilcropandmore.info/crops/CottonInformation/insect/B-933/fig1.jpg)

แต่สำหรับพืชบางชนิดการเติบโตอาจไม่แสดงออกทางด้านความสูงในแนวดิ่ง เช่น กลุ่มพืช Rosette ที่มีการเติบโตออกเป็นชั้นราบไปกับพืช (ภาพที่ 4.2)

**ภาพที่ 4.2** Dandelion (*Taraxacum erythrospermum*) Rosette
(ที่มา*:* https://www.minnesotawildflowers.info/udata/r9ndp23q/pd/taraxacum-erythrospermum-36.jpg)

**นิเวศวิทยาของการเติบโต (ecology of growth)**

รูปร่างลักษณะของพืชมักแสดงออกให้เห็นถึงสภาวะแวดล้อมที่พืชนั้นต้องดำรงชีวิตอยู่ เช่น แสง

1. การปรับตัวเชิงวิวัฒนาการของพืชเป็นไปตามฤดูกาลที่พืชต้องประสบ เช่น พืชในวงศ์ผักบุ้ง Convolvulacea สกุล *Ipomoea* ในประเทศเม็กซิโก *Ipomoea arborescens* เป็นต้นไม้ยืนต้นในเขตร้อนที่ผลัดใบ ทั้งนี้ในเชิงวิวัฒนาการรูปแบบการเติบโตแบบนี้เป็นผลมาจากการที่มีช่วงฤดูกาลที่ไม่เหมาะสมกับการเติบโต พืชปรับตัวในเชิงวิวัฒนาการเพื่ออยู่รอดในสภาพแวดล้อมนี้

2. ความแปรผันในรูปร่างของพืช อาจเป็นผลมาจาก phenotypic plasticity ในพืชบางชนิด genotype หนึ่ง สามารถแสดงออกลักษณะ ใบ และต้น มีรูปร่างและขนาดต่างกันเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมต่างกัน (ภาพที่ 4.3)

*a*: medium light, moderate water
*b*: low light, moderate water
*c*: medium light, well watered
*d*: low light, well watered

**ภาพที่ 4.3** phenotypic plasticity ของ *Arabidopsis thaliana* ในสภาวะที่แสงและน้ำต่างกัน (a - d) (ที่มา: http://image.slidesharecdn.com/siagro-schicklingfinal-141125072601-conversion-gate02/95/plant-phenotyping-a-new-scientific-discipline-to-quantify-plant-traits-8-638.jpg?cb=1417005859)

3. ความแปรผันในรูปร่างของพืช เป็นการปรับตัวเพื่อให้พืชต้นนั้น ๆ ได้มาซึ่งทรัพยากรและแก่งแย่งได้ดีขึ้น ลักษณะนี้เช่นการที่พืชบางชนิดมีการทิ้งกิ่ง (self-pruning หรือ cladoptosis) เพื่อรักษาเฉพาะกิ่งที่ได้รับแสงและสามารถสังเคราะห์แสงได้

**การวัดการเติบโต**

การเติบโตสามารถทำได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับพืช เมื่อเวลาผ่านไป สามารถวัดได้หลายค่า ดังแสดงในตารางที่ 4.1 แต่ละค่าจะบ่งบอกความหมายที่ต่างกัน

**ตารางที่ 4.1** ตัวอย่างการวัดการเติบโต กำหนดให้ $A$ แทน พื้นที่ $W$ แทนน้ำหนักต้น $W_L$ แทนน้ำหนักใบ $W_S$ แทนน้ำหนักของส่วนลำต้นเหนือดิน และ $W_R$ แทนน้ำหนักของส่วนราก

| การวัดการเติบโต | ตัวย่อ | ความหมายทางคณิตศาสตร์ | หน่วย | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|
| การเติบโตสัมพัทธ์ Relative growth rate | RGR | 1/W dW/dt | หน่วยวัดต่อเวลา เช่น เซนติเมตรต่อวัน น้ำหนักต่อวัน | อัตราการเพิ่มของน้ำหนักหรือขนาดเทียบกับขนาดเมื่อเวลาเริ่มต้น บอกประสิทธิภาพการเติบโตเทียบกับขนาดเริ่มแรก การวัดการเติบโตสัมพัทธ์สามารถวัดได้หลายส่วน เช่น ความสูง น้ำหนักทั้งต้น เส้นรอบวงต้น เป็นต้น |
| อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสุทธิ Net assimilation rate | NAR | 1/A dW/dt | น้ำหนักต่อพื้นที่ใบต่อเวลา | อัตราการเพิ่มของน้ำหนักต่อพื้นที่ใบ บอกประสิทธิภาพของใบในการผลิตมวลชีวภาพ |
| สัดส่วนพื้นที่ใบ Leaf area ratio | LAR | A/ W | พื้นที่ใบต่อน้ำหนักต้น | วัดว่ามีใบมากน้อยเทียบกับน้ำหนักพืช หรือพื้นที่ผิวที่สังเคราะห์แสงได้ต่อน้ำหนักพืช |
| พื้นที่ใบจำเพาะ Specific leaf area | SLA | A/ $W_L$ | พื้นที่ใบต่อน้ำหนักใบ | วัดความหนาสัมพัทธ์ของใบ ความหนาแน่น หรือ การแผ่กระจายของใบ |
| สัดส่วนน้ำหนักใบ Leaf weight ratio | LWR | $W_L$/ W | ไม่มีหน่วย | วัดน้ำหนักใบต่อน้ำหนักต้น บอกการกระจายมวลชีวภาพมาในส่วนที่เป็นใบ |
| สัดส่วนระหว่างส่วนต้นและส่วนราก Shoot and root ratio | - | $W_S$ / $W_R$ | ไม่มีหน่วย | วัดน้ำหนักลำต้นเหนือดินต่อน้ำหนักรากบอกการกระจายมวลชีวภาพมาในส่วนลำต้นเหนือดินเทียบกับน้ำหนักราก |

**การสืบพันธุ์ของพืช (plant reproduction)**

**การสืบพันธุ์ หมายถึงอะไร**

การสืบพันธุ์ คือ การเพิ่มจำนวนสิ่งมีชีวิตแต่ละตัว (individual) โดยสิ่งมีชีวิตใหม่ที่เกิดขึ้นมีลักษณะทางพันธุกรรมที่มาจากรุ่นก่อนหน้า เป็นการทดแทนสิ่งมีชีวิตในรุ่นก่อนหน้าที่จะตายไป สำหรับพืช คำว่า individual เป็นคำที่ควรต้องทำความเข้าใจ เราจะแยก individual ออกจากกันได้อย่างไร ส่วนมากคำว่า individual จะแสดงถึง สิ่งมีชีวิตแต่ละหน่วยที่มี ลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

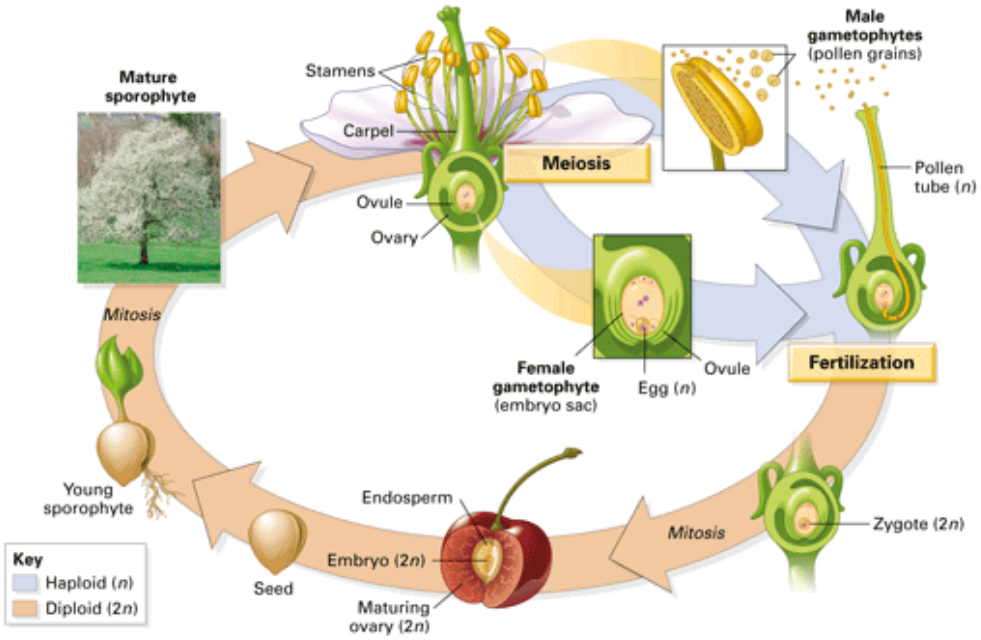
การสืบพันธุ์ในพืชมี 2 ลักษณะ คือ

1. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction หรือ vegetation reproduction)

ไม่มีการผสมระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียและเพศผู้ สิ่งมีชีวิตใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับรุ่นก่อนหน้า (clone) เช่น Stolon ในสตอเบอรี่ ไผ่มีการแตกต้นออกจากส่วนราก rhizome เป็นต้น ในพืชบางชนิดมีการสร้างเมล็ด ที่ไม่ได้มาจากการผสมระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียและเพศผู้ เรียกว่า agamaspermy คือระหว่างการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ที่ไม่สมบูรณ์ หรือไม่มีเลย ต้นอ่อนใหม่เป็น clone ของต้นรุ่นก่อนหน้า เช่น ราสเบอรรี่ (*Rubus* spp.) มะม่วงบางชนิด (*Mangifera indica*)

2. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)

เป็นการสืบพันธุ์ที่มีการผสมของเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียและเพศผู้ ในพืช เราเรียกว่าเป็น วัฏจักรชีวิตแบบสลับ (alteration of generations) เพราะมีการสลับระหว่างช่วงที่มีชุกโครโมโซมเป็น 1 ชุด (haploid) กับ 2 ชุด (diploid) (ภาพที่ 4.4) การสืบพันธุ์แบบนี้ พบได้ใน พืชกลุ่มเฟิร์น พืชดอก เป็นต้น




**ภาพที่ 4.4** ช่วงชีวิตของพืชที่มีโครโมโซม 1 และ 2 ชุด (alteration of generations)

(ที่มา: http://370723761112404149.weebly.com/uploads/1/9/4/7/19472891/6065435_orig.jpg)

การสืบพันธุ์ของพืชแบบอาศัยเพศจำเป็นต้องมีตัวกลางในการนำพาเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มาเจอกับของเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย เรียกว่าเป็นการถ่ายละอองเกสร (pollination) ซึ่งมีตัวกลางได้หลายแบบ คือ

1. ลม (wind pollination)
2. น้ำ (water pollination)
3. สัตว์ (animal pollination) เป็นการวิวัฒนาการร่วมระหว่างพืชและสัตว์ พืชจะดึงดูดสัตว์ให้เข้ามาช่วยได้อย่างไร

## การถ่ายละอองเกสรโดยสัตว์ (Animal pollination)

ความสัมพันธ์ใกล้ชิดของพืชกับสัตว์ในการถ่ายละอองเกสรมีตัวอย่างดังนี้

**1.** *Rudbeckia hirta* (Black-eyed Susan) – ผึ้งและผีเสื้อ ภาพ 4.5 ขวาแสดงภาพที่แมลงเห็นดอกไม้ (UV wavelength) โดยจะเห็นส่วนกลางดอกที่มีแกสรอยู่

**ภาพที่ 4.5** *Rudbeckia hirta* (Black-eyed Susan)

(ที่มา: Andrew Davidhaz http://harvardmagazine.com/2008/11/animals-speak-color)

2. *Mucuna holtonii (Kuntze) Moldenke* (กลุ่มหมามุ่ย) – ค้างคาว โครงสร้างของดอกที่ห้อยลง (ภาพที่ 4.6)

**ภาพที่ 4.6** *Mucuna holtonii (Kuntze) Moldenke* (กลุ่มหมามุ่ย) และค้างคาว

(ที่มา: http://www.latestwallpaperszone.com/wp-content/uploads/2014/02/07-bat-releases-mucuna-flower-670.jpg)

3. *Amoephophallus titanum* (Titan arum) – ด้วงกินซาก (carrion beetles) ภาพที่ 4.7 แสดงเกสรตัวเมีย (ล่าง) และเกสรตัวผู้ (บน) ที่จะได้รับการผสมจากแมลงในธรรมชาติ โดยดอกจะมีกลิ่นแรงคล้ายซากเน่าเพื่อดึงดูดด้วง

**ภาพที่ 4.7** เกสรตัวผู้ และเมียของ *Amoephophallus titanum* (Titan arum)

(ที่มา: http://files.campus.edublogs.org/blogs.cornell.edu/dist/3/2139/files/2012/03/Amorphophallus-titanum-038x500-1dr87oa.jpg

4. *Angraecum sesquipedale* – sphinx moth (*Xanthopan morganii praedicta*) ที่มีท่อดูดน้ำหวานที่ยาว ทำให้สามารถยื่นลงไปดินน้ำหวานในหลอดของดอกกล้วยไม้ชนิดนี้ได้ (ภาพที่ 4.8)

**ภาพที่ 4.8** *Angraecum sesquipedale* และ hawkmoth

(ที่มา: ซ้าย https://media1.britannica.com/eb-media/01/150201-004-21075C01.jpg

ขวา http://www.nhm.ac.uk/natureplus/blogs/science-news/tags/hawkmoth)

**การแข่งขันในการถ่ายเรณู**

การแข่งขันในการถ่ายเรณูเกิดขึ้นได้เมื่อ ดอกไม้ชนิดเดียวกันเมื่อออกดอกพร้อมๆ กัน ทำให้เพียงบางดอกได้รับการถ่ายเรณู การเกิดการแข่งขันลักษณะนี้เปรียบเทียบได้กับการแข่งขันระหว่างตัวผู้หรือตัวเมียในการผสมพันธุ์ของสัตว์ ซึ่งจัดเป็นตัวอย่างหนึ่งของการคัดเลือกที่เกี่ยวกับเพศ (sexual selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกที่เกิดจากความแตกต่างในโอกาสที่จะได้รับการผสมพันธุ์ในสิ่งมีชีวิต ดอกไม้ต่างชนิดกันที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกัน และต้องการสัตว์ประเภทเดียวกันในการถ่ายเรณู (ภาพที่ 4.9)

**ภาพที่ 4.9** ดอกสองชนิด *Lobelia erinus* (ภาพซ้าย) และ *Minulus ringen* (ภาพขวา) ที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกัน จะเกิดการแข่งขันในการถ่ายเรณูโดยสัตว์ได้

(ที่มา: ซ้าย *Lobelia erinus* -https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Lobelia_erinus_003.JPG)

ขวา *Mimulus ringen* –https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c0/Mimulus_ringens_(5156901134).jpg

**ข้อจำกัดของการถ่ายเรณูและคุณลักษณะของผลที่ได้**

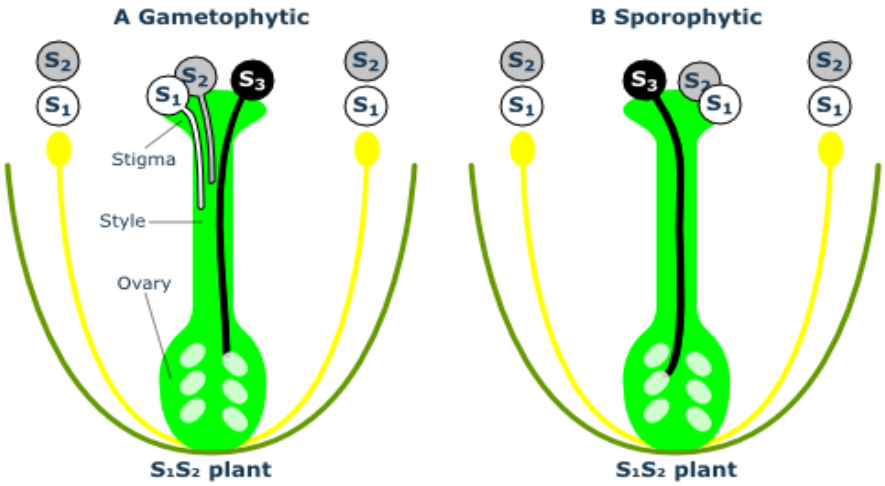
1. ในธรรมชาติพืชมักผลิตไข่ (ovule) มากกว่าจำนวนที่ถูกผสมกับละอองเรณู และเจริญเป็นเมล็ด การผลิตไข่ที่มากกว่าที่จะได้รับการผสม ถูกจัดให้เป็นกลยุทธ์ Bet hedging นั่นคือการผลิตไข่ที่มากเป็นการเผื่อไว้ในปีที่มีสภาวะเหมาะสมพิเศษที่ทำให้ไข่ได้รับการผสมได้มาก ไข่ที่มีมากเกินนั้นก็จะได้รับการผสม และเจริญเป็นเมล็ดได้

2. การถ่ายเรณูที่ประสบความสำเร็จส่วนมากจะเกิดกับพืชที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน ซึ่งโดยมากจะเป็นเครือญาติกัน (relatives) การผสมในเครือญาติ เรียกว่าเป็น การผสมพันธุ์ในพวกเดียวกัน (inbreeding)

นอกจากผสมในเครือญาติ การถ่ายเรณูในดอกเดียวกัน หรือในต้นเดียวกัน (self-pollination) ก็เกิดขึ้นได้ ในขณะที่พืชบางชนิดอาศัยการถ่ายเรณูในดอกเดียวกัน หรือในต้นเดียวกันเป็นหลักในการสืบพันธุ์ พืชส่วนมากยังต้องการการถ่ายเรณูระหว่างต้นอยู่ (cross-pollination) ดังนั้นในพืชกลุ่มที่ต้องการการถ่ายเรณูระหว่างต้น พืชมักมีกลไกในการป้องกันการผสมพันธุ์ในพวกเดียวกัน (self-incompatibility system) กลไกที่ว่ามีอยู่สองลักษณะ (ภาพที่ 4.10) คือ

- Gametophytic self-incompatibility system เช่น พบใน Solanaceae, Rosaceae เป็นต้น ละอองเรณูจากพืชเองงอกได้ช้ากว่าละอองเรณูที่มาจากต้นอื่น

- Sporophytic self-incompatibility system พบใน *Brassica* (Brassicaceae) ละอองเรณูจากพืชเองไม่งอกเลย




**ภาพที่ 4.10** กลไก 2 กลไกในการป้องกันการผสมพันธุ์ในพวกเดียวกัน ในภาพ gamete S1 และ S2 เป็นละอองเรณูจากพืชต้นนี้เอง ส่วน gamete S3 เป็นละอองเรณูจากต้นอื่นซึ่งสามารถงอกได้เร็วกว่า (ที่มา: http://alpandino.org/en/course/18/18i/selfincompatibility.png)

3. ภาวะการผสมพันธุ์โดยเลือกผสมจากลักษณะ (assortive mating) เกิดได้ในสองลักษณะ คือเวลาดอกบาน และลักษณะของดอก เช่น ดอกที่บานพร้อม ๆ กันก็มักจะได้รับการผสมด้วยกัน หรือผึ้งซึ่งเป็นสัตว์

ถ่ายเรณูมักเลือกที่จะผสมดอกสีเหลืองกับดอกสีเหลือง ดอกสีเหลืองก็มักจะถูกถ่ายเรณูระหว่างกันมากกว่าดอกสีอื่นกับดอกสีเหลือง

**นิเวศวิทยาของผลและเมล็ด**

ผลและเมล็ดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่หลากหลาย ลักษณะของผลหรือเมล็ดนี้เองเป็นส่วนสำคัญที่บ่อบอกถึงลักษณะการแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ (seed dispersal) หน่วยของผลและเมล็ดที่ถูกแพร่กระจายรวมกันเรียกว่า ส่วนแพร่พันธุ์ (diaspore) ประเภทของการกระจายเมล็ดมีดังนี้

1. การแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์โดยลม (dispersal by wind หรือ anemochory)

ตัวอย่างพืช คือ *Tachigali versicolor* Standl. & L.O. Williams หรือ suicide tree (ภาพที่ 4.11) ของป่าเขตร้อนในอเมริกากลาง ที่จะออกดอกผลครั้งเดียวในชีวิตก่อนตาย ผลที่ออกเป็นผลแห้งมีปีก มีเมล็ดเดียว แพร่กระจายโดยลม การศึกษาหนึ่งโดย Carol Augspergur และ Susan Franson ในปี ค.ศ.1987 พบว่า น้ำหนักของเมล็ด และขนาดพื้นที่ผลรวมปีก มีผลต่อระยะทางที่ผลและเมล็ดถูกกระจายออกไปห่างจากต้น

**ภาพที่ 4.11** *Tachigali versicolor* Standl. & L.O. Williams (ซ้าย) และเมล็ด (ขวา)
(ที่มา: ซ้าย https://c1.staticflickr.com/3/2812/9171220700_2539130906_b.jpg
ขวา http://www.stri.si.edu/sites/esp/tesp/plant_pictures/i_sp3473.mx.jpg)

2. การแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์โดยสัตว์ (dispersal by animals หรือ zoochory)

ผลเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ พืชสร้างผลเพื่อดึงดูดสัตว์ที่ช่วยแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ ตัวอย่างเช่น พืชที่ชื่อ *Croton* sp. มีการสร้างอาหารให้กับมดที่เรียกว่า elaiosome (ภาพที่ 4.12) เพื่อให้มดมาขนเอาเมล็ด

ออกไปไกลจากต้นแม่ เมื่อมดกิน elaiosome หมดก็จะทิ้งเมล็ดไว้ในบริเวณรัง ซึ่งเมล็ดนี้ก็จะสามารถงอกและเติบโตต่อไปได้

**ภาพที่ 4.12** เมล็ด *Croton gladulosus* L. สังเกต *elaiosome* ที่ปลายเมล็ด

(ที่มา*:* http://plants.usda.gov/gallery/pubs/crgl2_003_php.jpg)

ในป่าเขตร้อนของอเมริกากลางตัว Agouti (ภาพที่ 4.13) ในสกุล *Dasyprocta* เป็นสัตว์แพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญของพืชหลายชนิด ด้วยพฤติกรรมที่มันมักจะฝังเมล็ดไว้ในดิน ย้ายที่เมล็ดไปมา และมีการขโมยเมล็ดของตัวอื่น ทำให้เมล็ดถูกกระจายไปได้ถึง 280 เมตรจากต้นแม่

**ภาพที่ 4.13** Agouti กำลังกินผลไม้

(ที่มา: http://images.mathrubhumi.com/english_images/2014/Jul/28/00204_202788.jpg)

3. การแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์โดยน้ำ (dispersal by water) ตัวอย่างพืช เช่น บัว (Nymphaeaceae) มะพร้าว (*Cocos nucifera*) (ภาพที่ 4.14) โกงกาง (*Rhizophora* spp.) เป็นต้น

**ภาพที่ 4.14** มะพร้าวงอกต้นใหม่

(ที่มา*:* http://science.jrank.org/kids/article_images/food_p31.jpg)

4. การแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์โดยการแตกของผล (dispersal by explosion) ตัวอย่างพืช เช่น ต้อยติ่งเทศ (*Ruellia squarrosa* (Fenzi) Cufod.) (ภาพที่ 4.15) พืชบางชนิดใน genus *Euphorbia* เป็นต้น

**ภาพที่ 4.15** ดอก (ซ้าย) ฝักอ่อน และฝักแก่ (ขวา) ที่แตกและเมล็ดกระจายไปหมดแล้วของต้อยติ่งเทศ *Ruellia squarrosa* (Fenzi) Cufod.

(ที่มา*:* ซ้าย http://www.bloggang.com/data/n/nulaw-08/picture/1299837645.jpg

ขวา http://www.bloggang.com/data/nulaw-08/picture/1299843186.jpg)

**คำถามท้ายบท**

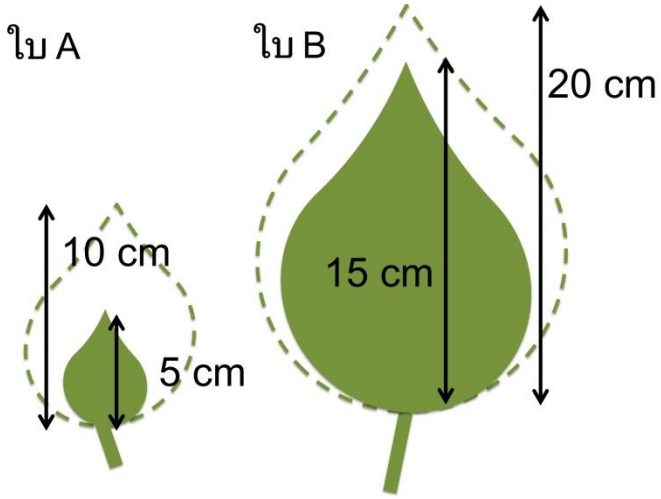
1. เราสามารถวัดการเติบโตของพืชได้อย่างไรบ้าง ให้นักศึกษาลองจับคู่ความหมาย และค่าการวัดการเติบโต

| **คำศัพท์การวัดการเติบโต** | **ความหมาย คือ** | **ตัวเลือกความหมาย** |
|---|---|---|
| การเติบโตสัมพัทธ์ | ..... | A.วัดว่ามีใบมากน้อยเทียบกับน้ำหนักพืช |
| อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสุทธิ | ..... | B.วัดน้ำหนักใบต่อน้ำหนักต้น |
| สัดส่วนพื้นที่ใบ | ..... | C.วัดความหนาสัมพัทธ์ของใบ ความหนาแน่น หรือ การแผ่กระจายของใบ |
| พื้นที่ใบจำเพาะ | ..... | D.อัตราการเพิ่มของน้ำหนักต่อพื้นที่ใบ |
| สัดส่วนน้ำหนักใบ | ..... | E.อัตราการเพิ่มของน้ำหนักหรือขนาดเทียบกับขนาดเมื่อเวลาเริ่มต้น |
| สัดส่วนระหว่างส่วนต้นและส่วนราก | ..... | F.วัดน้ำหนักลำต้นเหนือดินต่อน้ำหนักราก |

2. วัดการเปลี่ยนแปลงของสองใบนี้ ใบ A และ B ใบใดเปลี่ยนแปลงขนาดเร็วกว่ากัน กำหนดให้ใบเติบโตในเวลาที่เท่ากัน วัดจากความยาวของใบ ได้ค่าดังภาพที่ 4.18 เติมค่าในตาราง

| การวัด | ใบ A | ใบ B |
|---|---|---|
| วัดความยาวที่เพิ่มขึ้น | | |
| ความยาวที่เพิ่มขึ้น หารด้วยความยาวเดิม | | |

การวัดทั้งสองแบบให้ข้อมูลที่ต่างกันอย่างไร?




**ภาพที่ 4.16** แสดงภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงขนาดความยามของใบไม้ 2 ใบสำหรับคำถามข้อ 2 (ภาพโดย พิมลรัตน์ เทียนสวัสดิ์)

3. จากภาพที่ 4.17 นักศึกษาพอจะบอกได้หรือไม่ว่าสัตว์กลุ่มใดช่วยในการผสมเกสรพืชแต่ละชนิด

a.

b.

c.

d.

**ภาพที่ 4.17** ดอกของ*Rudbeckia hirta* (Black-eyed Susan) (a) *Mucuna holtonii (Kuntze) Moldenke* (กลุ่มหมามุ่ย) (b) *Amoephophallus titanum* (Titan arum) (c) และ *Angraecum sesquipedale* (d) (ที่มา: a. Andrew Davidhaz http://harvardmagazine.com/2008/11/animals-speak-color b. https://c2.staticflickr.com/8/7023/6413166207_f6fb26fd51_b.jpg c. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amorphophallus_Wilhelma.jpg#/media/File:Amorphophallus_Wilhelma.jpg d. http://www.nhm.ac.uk/natureplus/blogs/science-news/tags/hawkmoth)

4. นักศึกษาวิเคราะห์ว่าการผสมในตัวเอง กับ การผสมข้ามดอก มีข้อได้เปรียบ เสียเปรียบอย่างไร

5. ภาพที่เห็นด้านล่างนี้ (ภาพที่ 4.18) คือ ปาล์มชนิดหนึ่ง Traveler palm ชื่อ *Ravenala madagascariensis* Sonn. ที่มีเมล็ดที่หุ้มด้วยเนื้อเยื่อที่ฟ้า นักศึกษาคาดว่า พืชชนิดนี้มีการกระจายเมล็ดแบบใด เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

**ภาพที่ 4.18** ผล (ซ้าย) และต้น (ขวา) ของ *Ravenala madagascariensis* Sonn.

(ที่มา: ซ้าย https://farm2.staticflickr.com/1053/1186142469_376b7bbd95_z.jpg?zz=1

ขวา http://previewcf.turbosquid.com/Preview/2014/08/01__16_02_20/travelerspalm-thumb.jpg32bd7ebb-66b6-4667-a90b-2a87506224acLarger.jpg)

**วิดีโอ หรือเอกสารข้อมูลเพื่อศึกษาเพิ่มเติม**

| เรื่อง | URL | QR Code |
|---|---|---|
| How do plant roots find the quickest way down? (VDO) | https://www.youtube.com/watch?v=dwHeq6dbCm4 | |
| Lemurs and traveler palms | http://www.arkive.org/black-and-white-ruffed-lemur/varecia-variegata/image-G119823.html | |
| Comet Orchid (VDO) | https://www.youtube.com/watch?v=VUiZDhs0JrA | |

**บรรณานุกรมท้ายบท**

Gurevitch, J., Scheiner, S. M., and Fox, G. A. 2006. The ecology of plants, 2nd edn. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA. 574 pp.

Augspurger, C. K., and Franson, S. E. 1987. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area, and morphology. Ecology 68(1) 27–42. www.jstor.org/stable/1938802.