ติวเข้ม

เติมเต็มความรู้

วิชาชีววิทยา PAT2

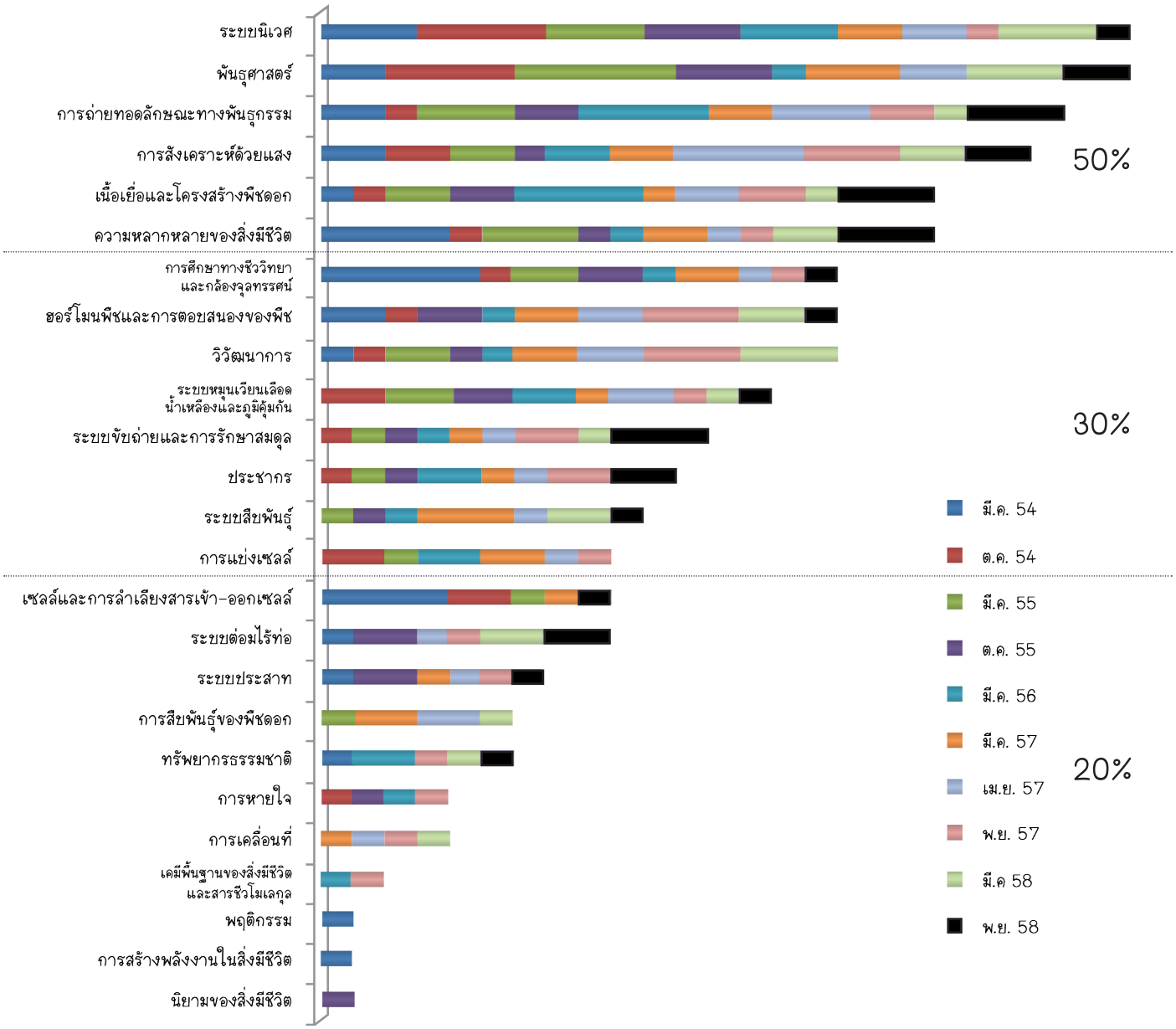
เนื้อเยื่อและโครงสร้างของพืชดอก

โดย

นพ.วีรวัช เอนกจำนงค์พร

(พี่วิเวียน)

สถิติ PAT2 ชีววิทยา ปี 2554 - 2558

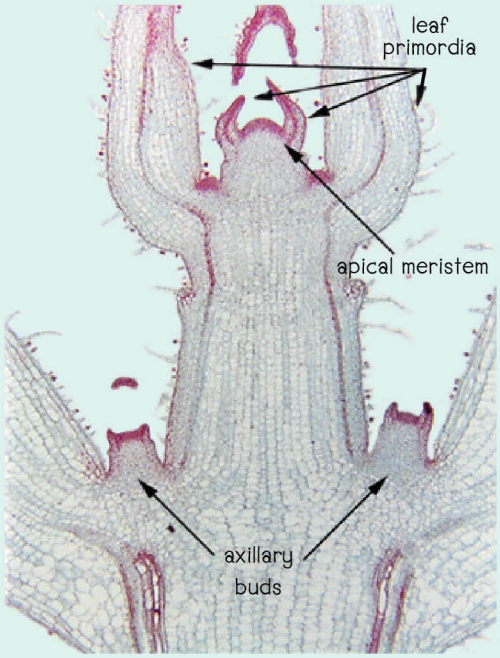


เนื้อเยื่อและโครงสร้างของพืชดอก

A1 เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด/ ราก (apical meristem)

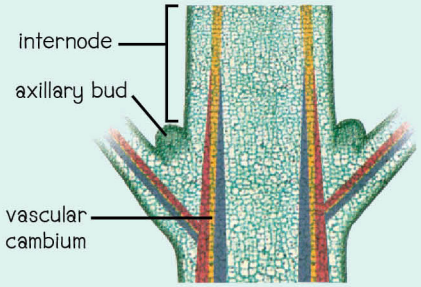
- การเจริญขั้นแรก (1° growth)
- เจริญเติบโตในแนวดิ่ง
- ทำหน้าที่สร้างเนื้อเยื่อ 3 กลุ่ม
  - protoderm → เจริญเป็น epidermis
  - ground meristem → เจริญเป็น ground tissue (cortex)
  - procambium → เจริญเป็น vascular tissue (stele)
- พบที่ (พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่)
  - ปลายยอด/ ตา
    - shoot apical meristem เจริญเป็นยอด
    - leaf primordia เจริญเป็นใบ
    - axillary buds เจริญเป็นกิ่ง
  - root tip
    - root apical meristem เจริญเป็นปลายราก

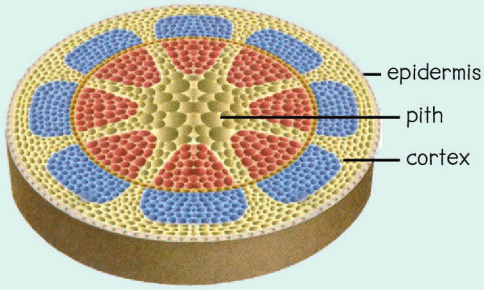


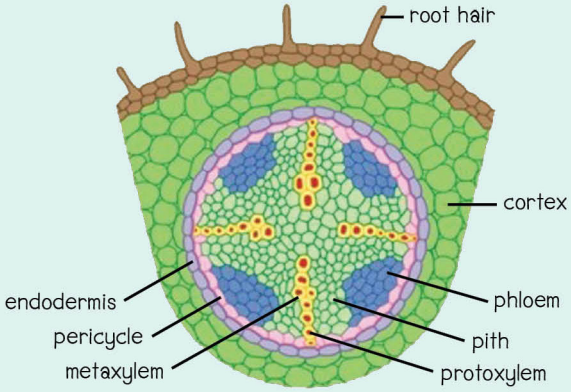
A1 เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristem)

- จำเป็นต่อการเจริญขั้นที่สอง (2° growth)
- แบ่งเป็น
  - vascular cambium
    - อยู่ระหว่าง 1° xylem กับ 1° phloem
      - รากพืชใบเลี้ยงคู่
      - ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่
      - ไม่พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
    - สร้าง 2° xylem ทางด้านใน และ 2° phloem ทางด้านนอก
  - cork cambium (phellogen)
    - อยู่ในชั้น cortex ใต้ epidermis
    - เปลี่ยนแปลงมาจาก parenchyma ใต้ epidermis
      - สร้าง periderm
        - cork ทางด้านนอก
        - phelloderm ทางด้านใน
  - pericycle
    - อยู่ใต้ชั้น endodermis
    - สร้าง periderm ในรากพืชใบเลี้ยงคู่
    - สร้างรากแขนง
- พบที่
  - รากพืชใบเลี้ยงคู่
  - ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่



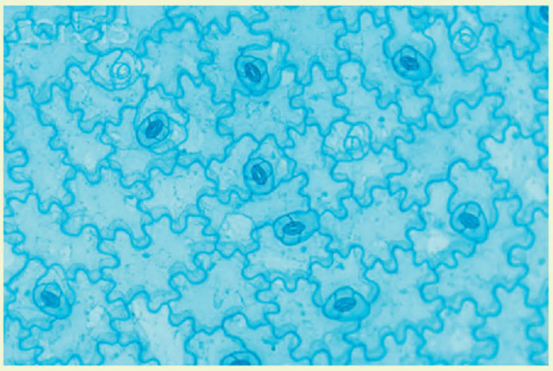


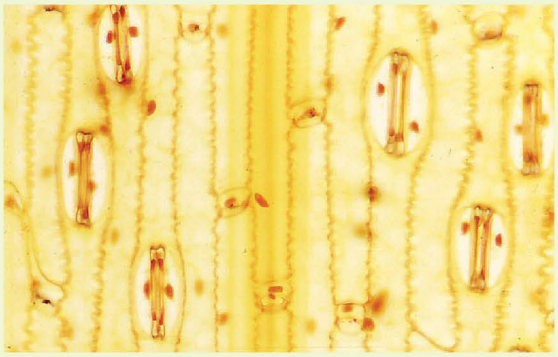


A2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (simple permanent tissue)

epidermis
- ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ชั้นเดียว เรียงตัวตามยาว
  - ในพืชใบเลี้ยงคู่ ส่วนใหญ่เป็นเซลล์หลายเหลี่ยม หรือหยักเว้า
  - ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ยาว ขอบหยัก
- ไม่มีคลอโรพลาสต์ (ยกเว้นเซลล์คุม)
- มี central vacuole ขนาดใหญ่ ดัน cytoplasm ไปอยู่ริมเซลล์
- พืชบางชนิดมีเม็ดสี anthocyanin ละลายอยู่ใน sap vacuole เช่น กะหล่ำปลีม่วง ฤาษีผสม แอปเปิล
- พบที่
  - ราก/ ลำต้น/ ใบ/ ดอก/ ผลที่อายไม่มาก
- หน้าที่
  - outer surface มี cutin (cuticle)
    - ป้องกันการสูญเสียน้ำ
    - ป้องกันการเจาะของ parasitic fungi/ แมลง



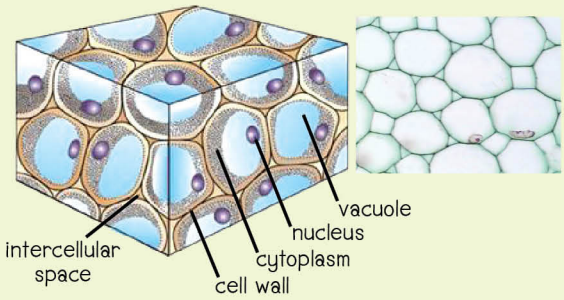


A2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

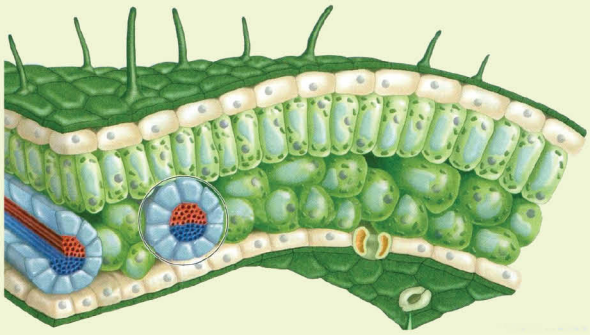
เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (simple permanent tissue)

parenchyma

- รูปร่างหลายเหลี่ยม
- ผนังเซลล์เป็น 1° cell wall
- มี central vacuole ขนาดใหญ่ ดัน cytoplasm ไปอยู่ริมเซลล์
- มี intercellular space เยอะ

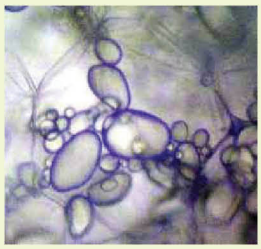


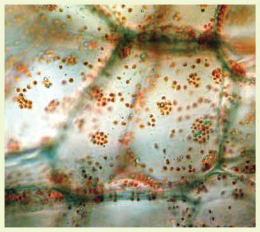
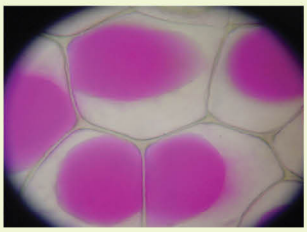
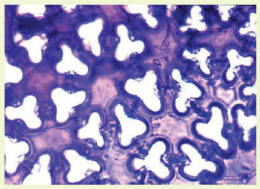
- พบที่
  - ราก/ ลำต้น
    - cortex ได้แก่ parenchyma, chlorenchyma, aerenchyma
    - stele ได้แก่ phloem parenchyma, xylem parenchyma, pith, aerenchyma
  - ใบ
    - palisade mesophyll, spongy mesophyll



หน้าที่

- สะสมน้ำ น้ำตาล กรดอะมิโน ผลึกสารพิษ → sap vacuole
- สะสมอาหาร (แป้ง ไขมัน โปรตีน) → มี leucoplast
- สังเคราะห์ด้วยแสง → มี chloroplast เรียก chlorenchyma
- สังเคราะห์ carotenoid → มี chromoplast
- สะสม pigment ใน vacuole เพื่อดึงดูดแมลง → anthocyanin
- พืชน้ำจะมี air space ที่โดดเด่นช่วยในการลอยตัว (aerenchyma)
- สามารถ redifferentiation เป็น meristematic cell ได้อีก
  - interfascicular cambium (มาจาก pith ray)
  - cork cambium



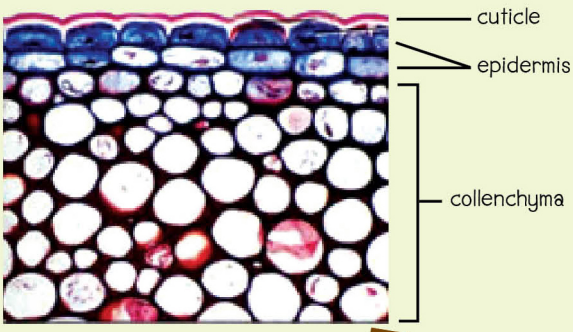




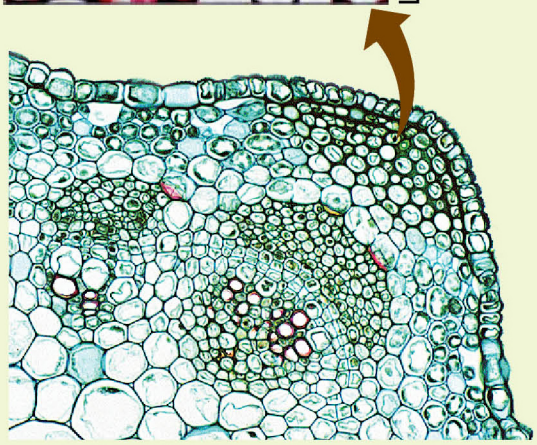

A2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (simple permanent tissue)

collenchyma

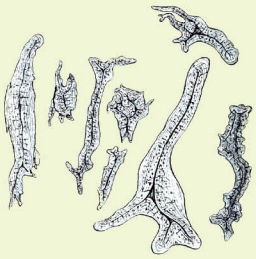
- รูปร่างหลายเหลี่ยม
- ผนังเซลล์เป็น 1° cell wall แต่มี cellulose และ pectin มาสะสมตามมุม
- ระหว่างเซลล์มี intercellular space น้อยหรือไม่มีเลย
- อาหารและน้ำยังสามารถแพร่ผ่านเซลล์ได้
- ไม่สามารถ redifferentiation เป็น meristematic cell ได้อีก
- พบที่
  - ใต้ชั้น epidermis ของลำต้น หรือตามมุมของลำต้นที่เป็นเหลี่ยม
  - ก้านใบและเส้นกลางใบ
- หน้าที่
  - สร้างความแข็งแรงและยืดหยุ่นให้กับเนื้อเยื่อของลำต้นที่ยังโตไม่เต็มที่ (supporting)
  - สร้างความแข็งแรงแก่ก้านใบ





sclerenchyma

- sclereid/ stone cell
  - เซลล์ที่ตายแล้ว รูปร่างไม่แน่นอน แต่จะมีความกว้างและยาวใกล้เคียงกัน
  - ผนังหนาเป็น lignified 2° wall
  - lumen = ช่องว่างตรงกลางเซลล์
  - pit canal = ส่วนที่ไม่เกิดการสะสมของ lignin (ผนังเซลล์ยังเป็น 1° cell wall) ใช้ติดต่อกับเซลล์ข้างเคียง
  - พบที่
    - cortex ของลำต้นและราก/ เปลือกไม้/ เปลือกผลไม้/ เนื้อผลสาลี่/ กะลามะพร้าว
  - หน้าที่
    - ให้ความแข็งแรงแก่โครงสร้าง



- fiber
  - เซลล์ที่ตายแล้ว รูปร่างยาว แหลมหัวแหลมท้าย
  - ผนังหนาเป็น lignified 2° wall
  - ผนังหนามากจน lumen เกือบจะหายไปหมด
  - พบที่
    - cortex ของรากและลำต้น/ xylem/ phloem
  - หน้าที่
    - ให้ความแข็งแรงแก่โครงสร้าง
    - ทำให้พืชมีความยืดหยุ่น สามารถโค้งงอและรับน้ำหนักได้ (elasticity)

A2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

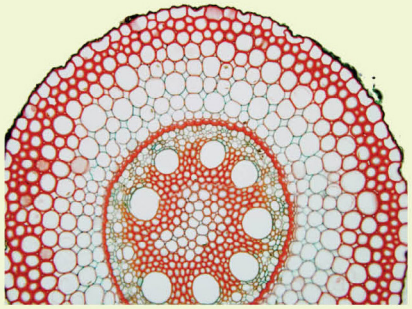
เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (simple permanent tissue)

<u>endodermis</u>

- ล้อมรอบ vascular tissue → แยกระหว่าง cortex กับ stele
- ผนังบาง เรียงแถวเดียวอัดแน่น
- น้ำสามารถผ่านเข้าออกเซลล์ได้บริเวณ passage cell
- รอยต่อระหว่างเซลล์ยึดแน่นด้วย suberin/ cellulose/ lignin = casparian strip
  - suberin + cellulose + lignin (พืชใบเลี้ยงเดี่ยว)
  - suberin (พืชใบเลี้ยงคู่)
- พบที่
  - รากพืชทุกชนิด แต่เห็นชัดในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

หน้าที่

- ควบคุมการเข้าออกของน้ำระหว่าง cortex และ xylem



A2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

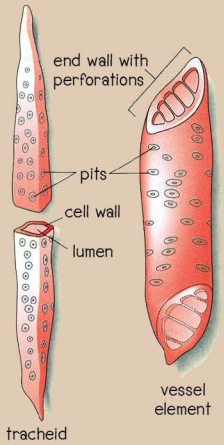
เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน (complex permanent tissue)

xylem = กลุ่มเนื้อเยื่อที่ประกอบกันทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ

<u>tracheid</u>

- เซลล์ที่ตายแล้ว
- เซลล์ยาว แหลมหัวแหลมท้าย ขนาดเล็ก (3rd)
- ผนังเซลล์มี lignin มาเกาะ (= 2° cell wall)
- ช่องเปิดรอบเซลล์จะไม่มีการสะสมของ lignin (= 1° cell wall)
- pit จะอยู่เป็นคู่กับเซลล์ข้างเคียง (pit-pair) ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์
- พบในพืชมีท่อลำเลียงทุกชนิด (หวายทะนอยจนถึงพืชดอก)

หน้าที่
- ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากรากสู่ใบ (transduction)



<u>vessel</u>

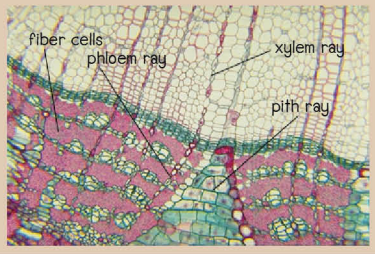
- เซลล์ที่ตายแล้ว
- เซลล์ป้อมสั้น หัวท้ายป้าน ขนาดใหญ่ (1st) ต่อกันเป็นท่อยาว
- ผนังเซลล์มี lignin มาเกาะ (= 2° cell wall)
- ช่องเปิดด้านปลาย = perforation plate
- ความหนาจากการสะสมของ lignin ที่ไม่เท่ากัน ทำให้เห็นเป็นรูปร่างแบบต่างๆ เช่น annular, spiral, scalariform, reticulate, pitted
- pit = ช่องเปิดรอบเซลล์
- พบในพืชชั้นสูง [พืชดอกและมะเมื่อย (*Gnetum*)]

หน้าที่
- ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ

<u>xylem parenchyma</u>

- เซลล์ที่มีชีวิตเหมือน parenchyma บริเวณอื่นๆ
- เรียงตัวในแนวรัศมี

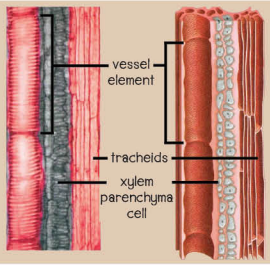
หน้าที่
- ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ = xylem ray



<u>xylem fiber</u>

- เซลล์ที่ตายแล้ว
- เกิดจากการสะสมของ lignin

หน้าที่
- สร้างความแข็งแรงให้แก่โครงสร้าง



A2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน (complex permanent tissue)

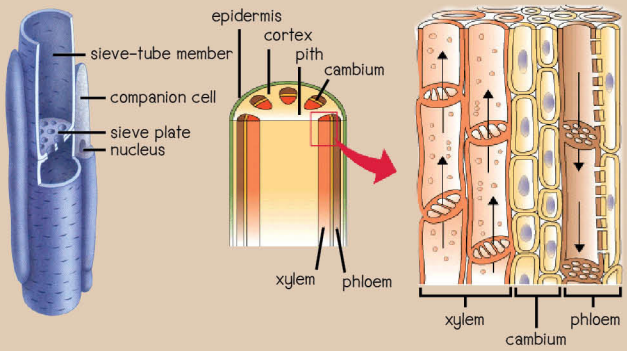
phloem = กลุ่มเนื้อเยื่อที่ประกอบกันทำหน้าที่ลำเลียงอาหาร

sieve tube member

- เซลล์ที่มีชีวิต
- เซลล์ป๋อมสั้น หัวท้ายป้าน ขนาดใหญ่ (2nd) ต่อกันเป็นท่อยาว
- ช่องเปิดด้านปลายเหมือนรูตะแกรง = sieve plate
- มี plasmodesmata เป็นจำนวนมาก เพื่อการไหลเวียนของไซโทพลาซึมกับเซลล์ข้างเคียง
- ไม่มีการสะสมของ lignin, suberin (= 1° cell wall)
- เมื่ออายุมากขึ้น นิวเคลียสและออร์แกเนลล์ต่างๆ จะสลายไซโทพลาซึมลดลงภายใน 1 ปี ยกเว้นต้น certain palm ที่ sieve tube member มีชีวิตยาวนานถึง 100 ปี
- พบในพืชมีท่อลำเลียงทุกชนิด (หวายทะนอยจนถึงพืชดอก)

หน้าที่

- ลำเลียงอาหารในรูปของน้ำตาลซูโครสจากแหล่งผลิตสู่แหล่งสะสมอาหาร

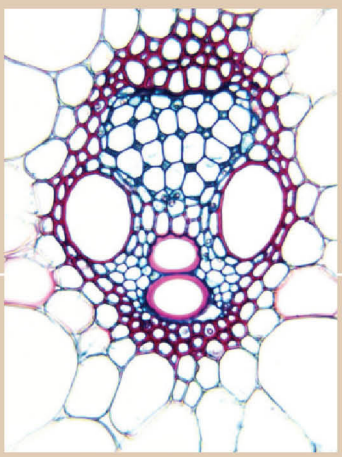


companion cell

- เซลล์ที่มีชีวิต โดยเป็นเซลล์ parenchyma ข้างเคียงชนิดหนึ่งที่แทรกอยู่ระหว่าง sieve tube member
- เซลล์ผอม ผนังบาง ประกบติดกับ sieve tube member
- มี plasmodesmata จำนวนมากเพื่อใช้ในการไหลเวียนของไซโทพลาซึมกับ sieve tube member
- พบในพืชดอกและมะเมื่อย

หน้าที่

- เซลล์ผู้ช่วยของ sieve tube member ช่วยเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากเซลล์ต้นทางเข้าสู่ sieve tube member



phloem parenchyma

- เซลล์ที่มีชีวิตเหมือน parenchyma บริเวณอื่นๆ
- เรียงตัวในแนวรัศมี

หน้าที่

- ลำเลียงน้ำด้านข้าง = phloem ray

phloem fiber

- เซลล์ที่ตายแล้ว
- เกิดจากการสะสมของ lignin

หน้าที่

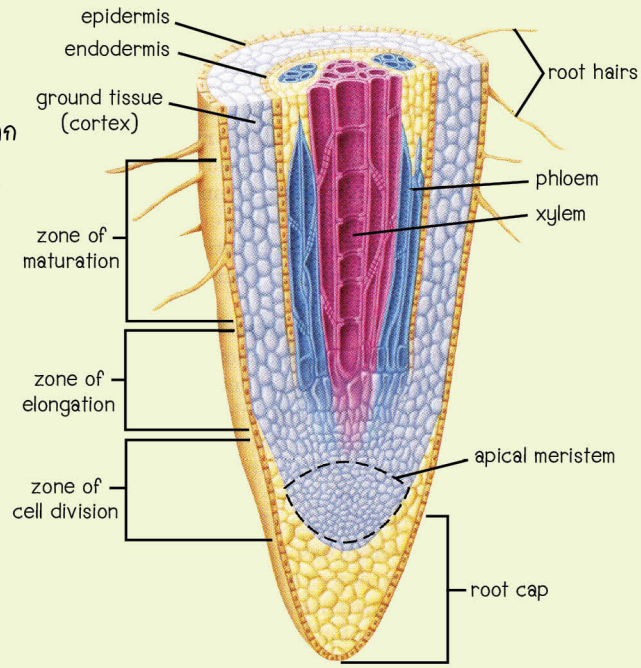
- สร้างความแข็งแรงให้แก่โครงสร้าง

B โครงสร้างของพืชดอก

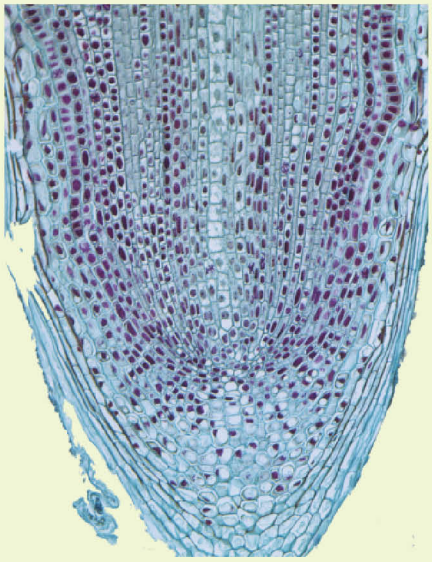
B1 ราก (root)

1° growth = ปลายราก

- root cap
  - อยู่ปลายสุดของราก (root tip)
  - เป็นกลุ่มเซลล์คล้ายหมวก คลุม apical meristem
  - เซลล์จะแตกกลายเป็นเมือก ทำหน้าที่ปกป้องปลายราก
  - จะมี amyloplast statoliths ควบคุมการกระจายตัวของ auxin ในราก → gravitropism



- zone of cell division
  - เป็นบริเวณของเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)
  - เซลล์ขนาดเล็ก ทรงกลมหรือสี่เหลี่ยม อัดแน่น
  - มองเห็นนิวเคลียสได้ชัด
  - มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
    - ข้างบน = แบ่งเพื่อเพิ่มความยาวของราก
    - ข้างล่าง = แบ่งเพื่อสร้าง root cap



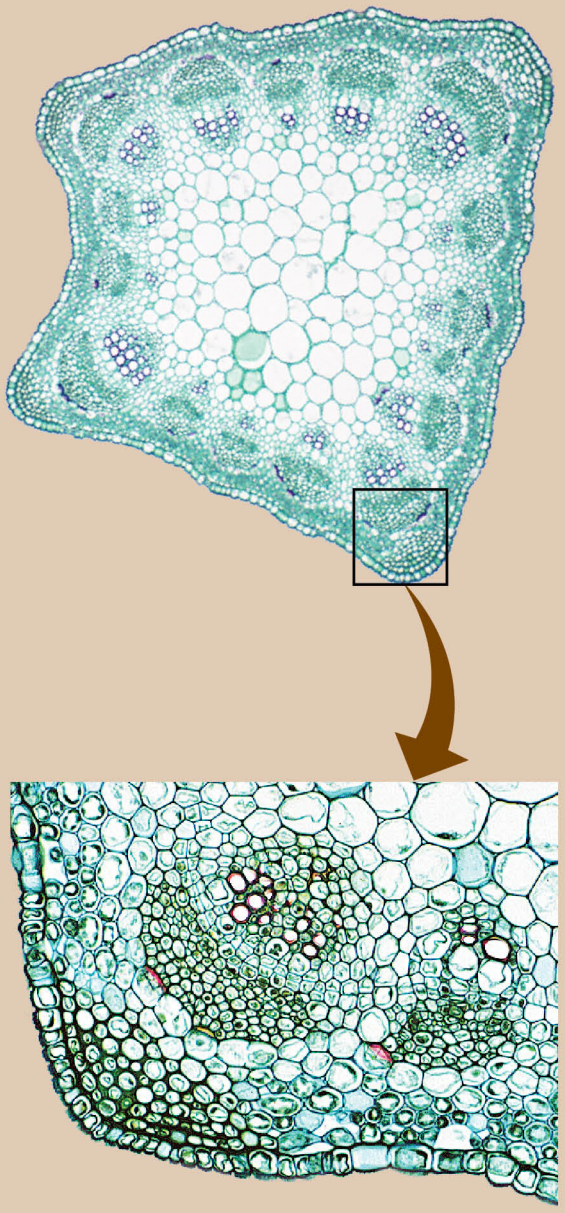
- zone of elongation
  - อยู่เหนือ zone of cell division
  - เซลล์ทรงสี่เหลี่ยม มีการขยายขนาด (เพิ่ม cytoplasm)
  - มองเห็นนิวเคลียสได้ชัด

zone of maturation ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว | zone of maturation ของพืชใบเลี้ยงคู่

B2 ลำต้น (stem)

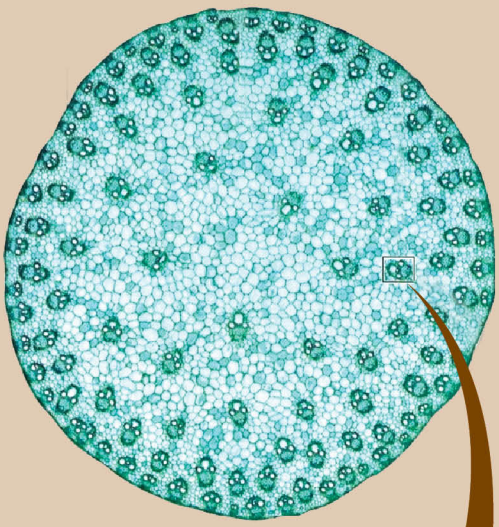
1° growth = ต้นอ่อน/ พืชไม่มีเนื้อไม้ของพืชใบเลี้ยงคู่

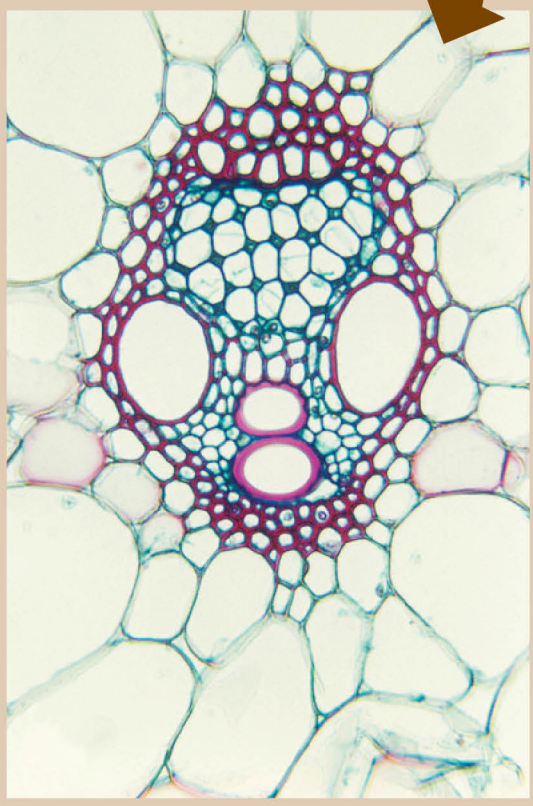
- protoderm → epidermis
  - อยู่ชั้นนอกสุด เซลล์รูปสี่เหลี่ยม เรียงตัวชั้นเดียว
  - มี cutin เคลือบป้องกันการสูญเสียน้ำ
- ground meristem → cortex
  - อยู่ถัดจากชั้น epidermis เรียงตัวหลายชั้น (บางกว่าในราก)
  - ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพื้นฐาน เช่น parenchyma, collenchyma (พบมากตามมุมต้น)
- procambium → stele (เนื้อเยื่อเรียงตัวเป็นระเบียบ)
  - มัดท่อลำเลียง (vascular bundle)
    - 1° phloem อยู่นอกสุด
    - vascular cambium (fascicular cambium) อยู่ระหว่าง 1° phloem และ 1° xylem
    - 1° xylem อยู่ในสุด
  - pith ray = parenchyma ที่สามารถเปลี่ยนเป็นเนื้อเยื่อเจริญได้ (interfascicular cambium) → ทำให้ cambium เชื่อมเป็นวงรอบลำต้น
  - pith
    - อยู่ชั้นในสุด เรียงตัวหลายชั้น
    - ประกอบด้วย parenchyma → ทำหน้าที่สะสมอาหาร



B2 ลำต้น (stem)

1° growth = ต้นอ่อน/ พืชไม่มีเนื้อไม้ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



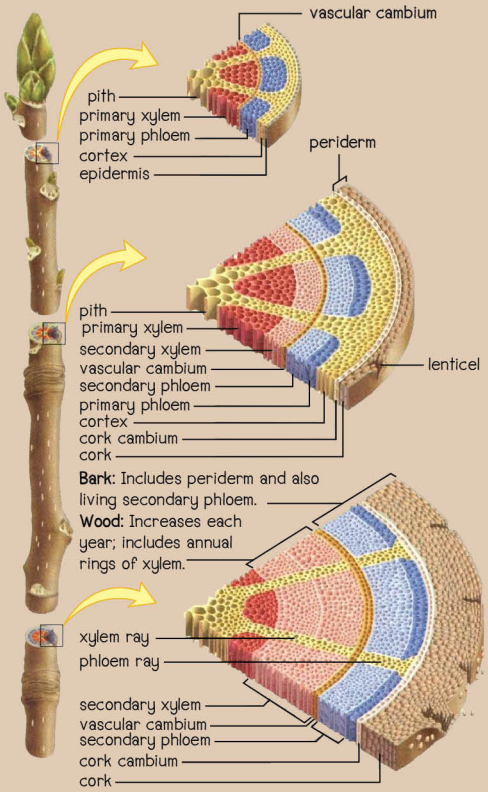


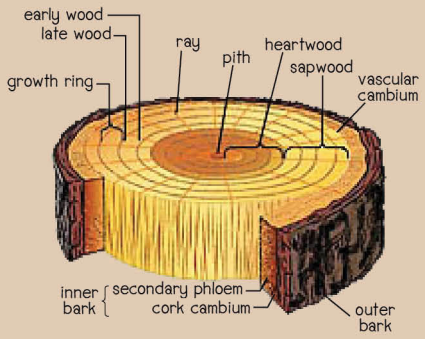
- protoderm → epidermis
  - อยู่ชั้นนอกสุด เซลล์รูปสี่เหลี่ยม เรียงตัวชั้นเดียว
  - มี cutin เคลือบป้องกันการสูญเสียน้ำ
- ground meristem → cortex/ ground tissue
  - อยู่ถัดจากชั้น epidermis กระจายทั่วลำต้น
  - ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพื้นฐาน เช่น parenchyma cell, collenchyma cell
- procambium → vascular bundle (เรียงตัวไม่เป็นระเบียบ พบมากบริเวณใกล้ epidermis)
  - เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อ แทรกตัวใน ground tissue เรียงตัวไม่เป็นระเบียบกระจายรอบลำต้น พบมากใกล้เนื้อเยื่อผิว
  - ประกอบด้วย
    - มัดท่อลำเลียง
      - phloem
        - ตำแหน่งหันออกสู่เนื้อเยื่อผิว
        - sieve tube member (เซลล์ใหญ่ สีจาง) และ companion cell (เซลล์เล็ก สีเข้ม) เรียงตัวชิด ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์
      - xylem
        - ตำแหน่งหันเข้าสู่ใจกลางลำต้น
        - เห็นหน้าตัด vessel ชัดเจนเป็นวงขนาดใหญ่
        - มีขอบติดสี safranin O ชัดเจน
      - air space
        - เกิดจากการสลายตัวของ xylem ในระยะแรก
        - เห็นหน้าตัดมีลักษณะเป็น irregular
        - ไม่มีขอบที่ติดสีชัดเจน
      - fiber/ bundle sheath
        - อยู่ล้อมรอบ vascular bundle
        - ติดสี safranin O ชัดเจน
- pith cavity
  - เกิดจากการสลายตัวของ ground tissue = pith cavity
  - พบในพืชกลุ่มหญ้าและไผ่

B2 ลำต้น (stem)

2° growth = การขยายขนาดด้านข้างของพืชใบเลี้ยงคู่

- periderm = bark
  - phellem (cork)
    - เซลล์รูปสี่เหลี่ยม เรียงตัวหลายชั้น
    - เซลล์ไม่มีชีวิต มีการสะสมของ tannin และ suberin ทำให้อากาศและน้ำผ่านเข้าออกไม่ได้
    - ดัน epidermis ให้เกิดรอยแตกเรียก lenticel ทำให้อากาศผ่านเข้าออกได้
  - phellogen (cork cambium)
    - เจริญจากเซลล์ชั้น parenchyma ในชั้น cortex
    - เซลล์ที่มีชีวิต เป็นเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง
    - มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสตลอดเวลา
      - แบ่งเซลล์ออกทางด้านนอกให้ cork
      - แบ่งเซลล์เข้าทางด้านในให้ phelloderm
  - phelloderm
    - เซลล์มีชีวิต
    - ทำหน้าที่สะสมแร่ธาตุและอาหาร
- cambium in vascular bundle
  - 1° phloem → ท่อลำเลียงอาหารที่เกิดจาก 1° growth อยู่ชั้นนอกสุด
  - 2° phloem → ท่อลำเลียงอาหารที่สร้างและพัฒนาจาก vascular cambium
  - vascular cambium (= fascicular cambium + interfascicular cambium) → เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง ทำหน้าที่สร้าง 2° phloem และ 2° xylem
  - 2° xylem → ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุที่สร้างและพัฒนาจาก vascular cambium
    - ส่วนที่ลำเลียงน้ำได้ → = sapwood (กระพี้ไม้)
    - ส่วนที่ลำเลียงน้ำไม่ได้ จะมี lignin, suberin, gum และ tannin มาสะสมมากจนท่อตัน → = heartwood (แก่นไม้)
  - 1° xylem → ท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุที่เกิดจาก 1° growth อยู่ชั้นในสุด
- pith
  - อยู่ชั้นในสุด แคบลงเรื่อยๆ → ถูก 2° xylem ดันจนหายไป





- เจริญช่วงฤดูฝน เซลล์ใหญ่ แถบกว้าง สีจาง = springwood
- เจริญช่วงปลายฤดูฝน/ แล้ง เซลล์เล็ก หนาแน่น แถบแคบ สีเข้ม = summerwood

= วงปี → = wood

B2 ลำต้น (stem)

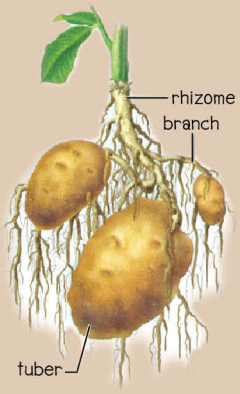
รูปแบบของลำต้น [ลำต้นต้องมีข้อ (node) ปล้อง (internode) ชัดเจน และมีตาข้าง (axillary bud)]

1 rhizome

- ลำต้นทอดนอน เจริญอยู่ใต้ดิน
- แต่ละ node มี axillary bud
- internode สั้น
- adventitious root อยู่รอบๆ rhizome
- ทำหน้าที่สะสมอาหารและสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
- พบในแง่งขิง ข่า ขมิ้น ขัวสาย

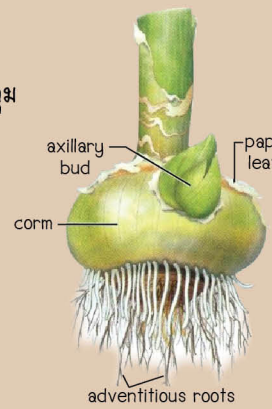
2 tuber

- ลำต้นเจริญอยู่ใต้ดิน เกิดจากการเจริญของ internode บริเวณปลายของ stolon หรือ rhizome
- internode สั้น
- adventitious root อยู่บริเวณ node
- ทำหน้าที่สะสมอาหารและสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
- พบในมันฝรั่ง มันมือเสือ



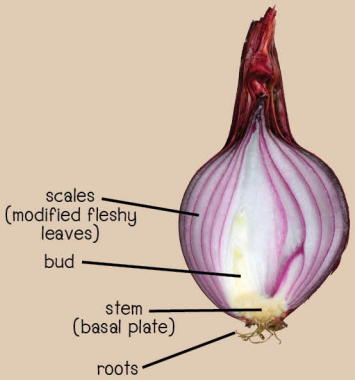
3 corm

- ลำต้นตั้งตรงอยู่ใต้ดิน เจริญในแนวดิ่ง มี scale leaf ปกคลุม
- แต่ละ node มี axillary bud
- internode สั้น
- adventitious root อยู่ส่วนล่างสุดของลำต้นใต้ดิน
- ทำหน้าที่สะสมอาหารและสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
- พบในเผือก แห้ว ขอนสี



4 bulb

- ลำต้นขนาดเล็ก (= axillary bud ที่ห่อหุ้มด้วยใบเกล็ด) เจริญอยู่ใต้ดิน
- adventitious root อยู่บริเวณฐานของลำต้น
- ส่วนของใบเกล็ดทำหน้าที่สะสมอาหาร
- ส่วนของลำต้นทำหน้าที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
- พบในหอม กระเทียม พลับพลึง

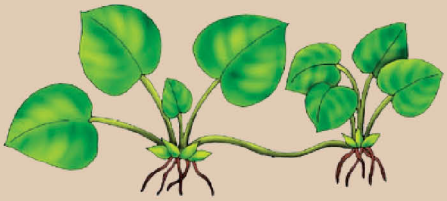


B2 ลำต้น (stem)

รูปแบบของลำต้น [ลำต้นต้องมีข้อ (node) ปล้อง (internode) ชัดเจน และมีตาข้าง (axillary bud)]

5 runner/ stolon

- ลำต้นทอดนอน เจริญเหนือพื้นดิน (ยกเว้นไหลบัวอยู่ใต้ดิน)
- มักแตกออกในแนวรัศมีรอบลำต้นหลัก
- internode ยาว
- adventitious root อยู่บริเวณ node
- ทำหน้าที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
- พบในสตรอว์เบอร์รี ไหลบัวหลวง ผักบุ้ง หญ้า



6 cladophyll

- ลำต้นเจริญอยู่เหนือดินแผ่แบนคล้ายใบ อวบน้ำ
- แต่ละ node มี axillary bud และตาดอก
- adventitious root อยู่บริเวณ node เมื่อทอดนอน หรือพิงกับสิ่งที่อิงอาศัยที่มีความชื้น
- ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง เก็บสะสมน้ำและอาหาร และสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
- พบในกระบองเพชร

7 stem tendril (เหนือดิน)

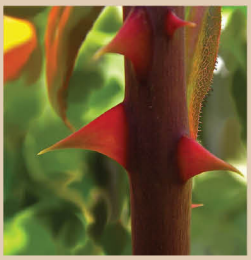
- ส่วนของลำต้นที่เปลี่ยนไปเป็นเกลียวเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะ
- เกิดขึ้นบริเวณ node
- ตอบสนองตามทิศทางของการเจริญเติบโต
- สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
- พบในไม้เลื้อยกลุ่มแตง

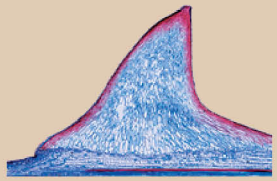
8 thorn (เหนือดิน)

- ส่วนของลำต้นที่เปลี่ยนไปเป็นหนาม (มีท่อลำเลียง)
- ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายแก่พืช
- สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (มีสีเขียว)
- พบในมะกรูด

9 prickle (เหนือดิน)

- ส่วนของลำต้นที่เฉพาะเซลล์ชั้น epidermis เปลี่ยนไปเป็นหนาม
- ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายแก่พืช
- พบในกุหลาบ

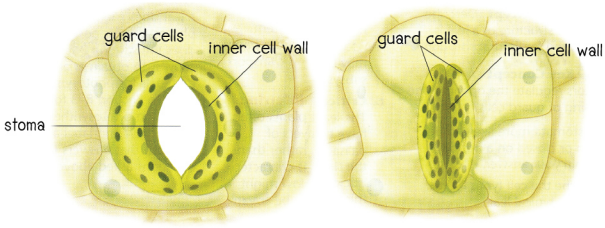




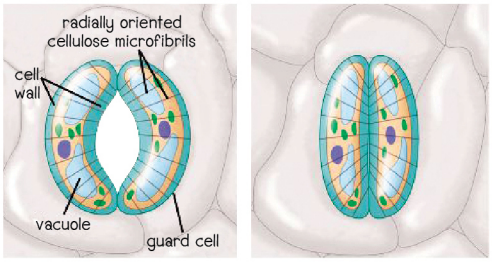
C การกำจัดน้ำส่วนเกิน

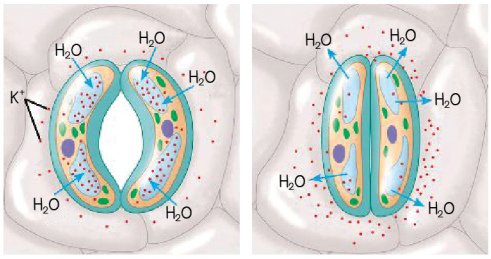
C1 การคายน้ำในรูปไอน้ำ (transpiration)

- กลไก
  - stomatal transpiration = กลไกเปิดปิดปากใบ
    - 1 K^+ จากเซลล์ข้างเคียงเข้าสู่เซลล์คุม โดยวิธีการ active transport
    - 2 น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจะออสโมซิสเข้าเซลล์คุมมากขึ้น ทำให้เกิดแรงดันเต่ง (turgor pressure) ขึ้นภายในเซลล์
    - 3 ผนังเซลล์ของเซลล์คุมมีความหนาบางไม่เท่ากัน โดยผนังเซลล์ด้านที่อยู่ติดกับรูปากใบจะมีความหนามากกว่า → แรงดันเต่งมีผลต่อผนังเซลล์ด้านนอกมากกว่า → เซลล์คุมโค้งแยกตัวออกจากกัน → รูปากใบเปิด
    - 4 พืชจะชดเชยประจุจากการไหลเข้าของ K^+ โดยอาจจะนำ Cl^- เข้าในเซลล์ หรือนำ H^+ ออกนอกเซลล์
    - 5 เกิดการคายน้ำขึ้น ≈ 90%

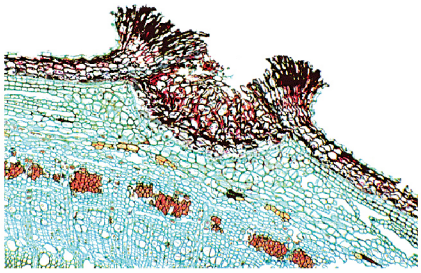


cells turgid/stoma open | cells flaccid/stoma closed

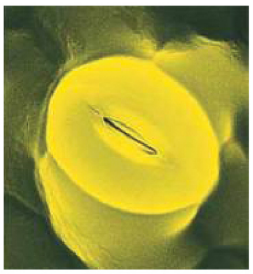




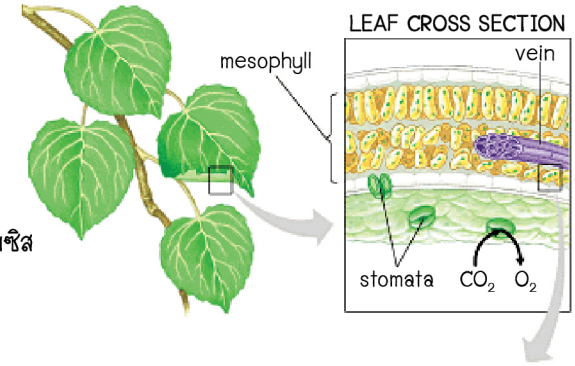
  - cuticular transpiration
    - การคายน้ำในรูปไอน้ำทางผิวผ่านชั้นที่มี cutin ฉาบอยู่ ทำให้ไอน้ำออกได้แต่น้อยมาก
    - เกิดการคายน้ำขึ้น ≈ 10%
  - lenticular transpiration
    - การคายน้ำออกมาตามรอยแตก (lenticel) ของกิ่งหรือลำต้น
    - เกิดการคายน้ำในปริมาณน้อยมาก และพบเฉพาะในพืชใบเลี้ยงคู่ที่มี 2° growth



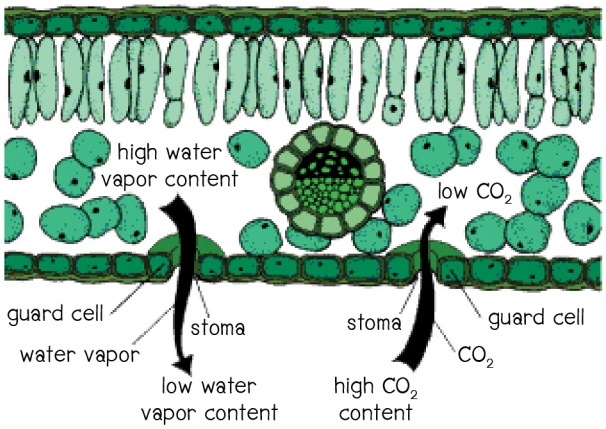
ปัจจัยที่ทำหน้าที่ควบคุมการคายน้ำ = ควบคุมการปิดเปิดปากใบ



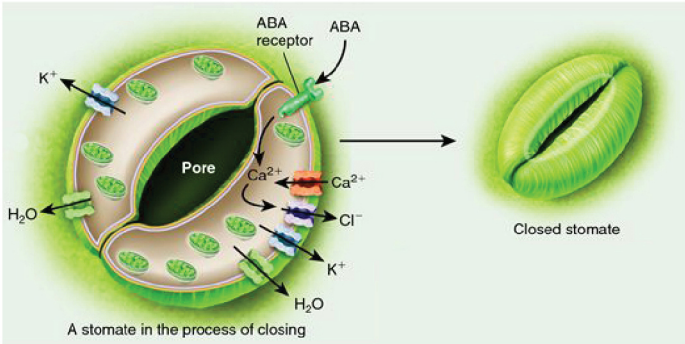
- ความเข้มของแสง
  - 1 ความเข้มของแสงมากขึ้น
  - 2 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้น → ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น
  - 3 ความเข้มข้นในเซลล์คุมสูงขึ้น → เกิดการออสโมซิสของน้ำเข้าเซลล์คุม → เซลล์คุมเต่ง = ปากใบเปิด



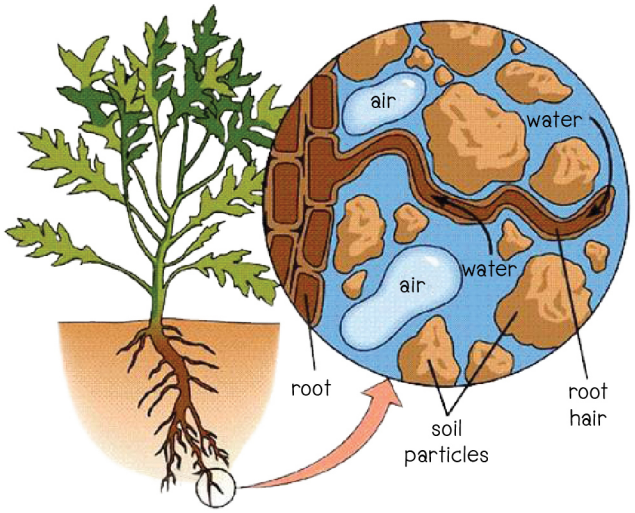
- ปริมาณ CO_2 ในใบ
  - 1 CO_2 ในใบลดลง
  - 2 pH ในใบเพิ่มขึ้น เหมาะกับการสร้างน้ำตาล
  - 3 ความเข้มข้นในเซลล์คุมสูงขึ้น → เกิดการออสโมซิสของน้ำเข้าเซลล์คุม → เซลล์คุมเต่ง = ปากใบเปิด



- อุณหภูมิ
  - 1 อุณหภูมิสูงขึ้น
  - 2 อัตราการหายใจสูงขึ้น
  - 3 ปริมาณ CO_2 ในใบสูงขึ้น
  - 4 ปากใบปิด
- ความชื้นในบรรยากาศ
  - 1 ความชื้นในบรรยากาศน้อย
  - 2 ไอน้ำระเหยได้ดี
  - 3 พืชสูญเสียน้ำได้มากขึ้น
  - 4 ปากใบเปิด
- ลม
  - 1 ลมช่วยพัดเอาไอน้ำออกจากบริเวณใบ
  - 2 ความชื้นบริเวณใบลดลง
  - 3 พืชสูญเสียน้ำได้มากขึ้น
  - 4 ปากใบเปิด
- สภาวะเครียด (stress)
  - 1 ดินเค็ม น้ำน้อย อากาศเย็นจัด
  - 2 พืชสร้าง abscisic acid มากขึ้น
  - 3 K^+ ไหลออก น้ำไหลออกจากเซลล์
  - 4 ปากใบปิด

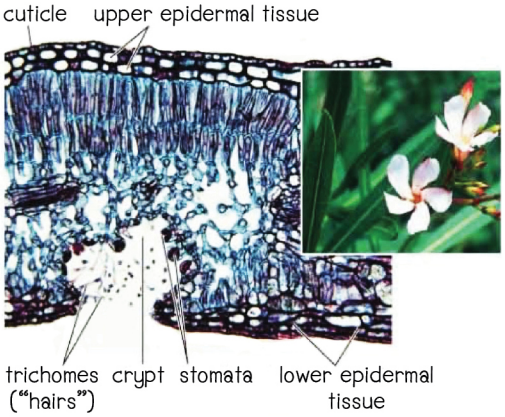


- ปริมาณน้ำในดิน
  - 1 ปริมาณน้ำในดินมากขึ้น
  - 2 พืชออสโมซิสน้ำได้ดี
  - 3 พืชสูญเสียน้ำได้มากขึ้น
  - 4 ปากใบเปิด

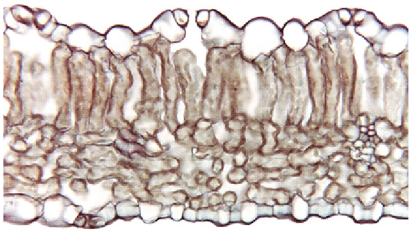


- ความกดดันของบรรยากาศ
  - 1 ความกดดันของบรรยากาศสูง
    → อากาศจะหนาแน่นมาก
  - 2 การแพร่ของไอน้ำเกิดได้ยาก
  - 3 พืชสูญเสียน้ำได้น้อยลง
  - 4 ปากใบปิด

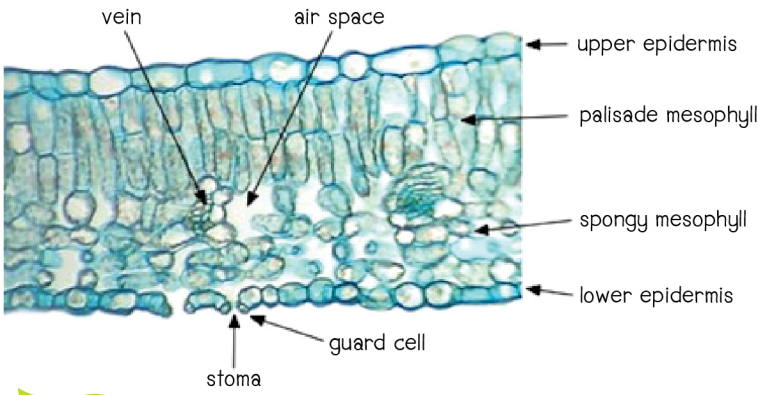
- ลักษณะและโครงสร้างของใบ
  - พืชกลุ่ม xerophyte (พืชที่ขึ้นในที่แห้งแล้ง)
    - ปากใบอยู่ลึกเข้าไปในเนื้อใบ (sunken stomata)
      → เกิดเป็นที่ว่างที่มีความชื้นสูง = น้ำระเหยยาก
    - ใบมักลดรูปเป็นหนาม/ ปากใบน้อย
    - มักมี epidermis หลายชั้น



  - พืชกลุ่ม hydrophyte (พืชน้ำหรือพืชที่ขึ้นในที่ชุ่มน้ำ)
    - ปากใบมักอยู่ระดับเดียวกับผิวใบหรือยกขึ้น (raised stomata)
    - แผ่นใบใหญ่/ ปากใบมาก
    - พืชปริ่มน้ำมักจะมีปากใบเฉพาะด้าน upper epidermis
    - พืชจมน้ำจะไม่พบปากใบ



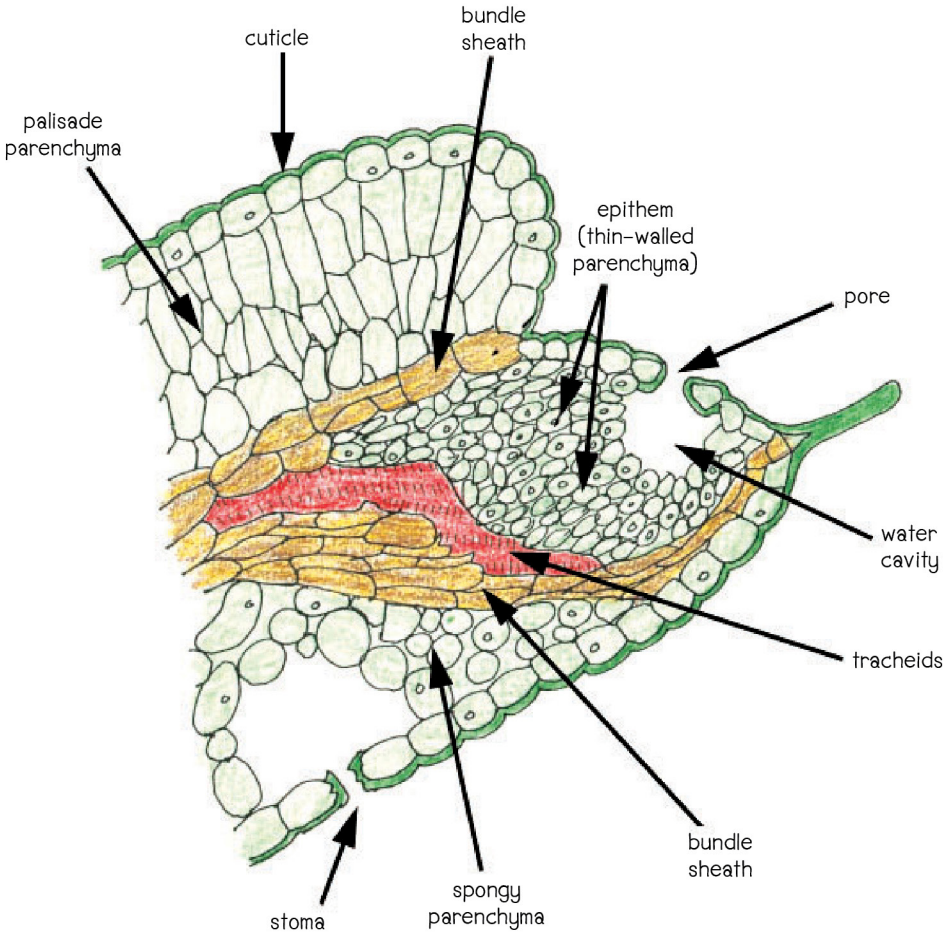
  - พืชกลุ่ม mesophyte (พืชที่อยู่ในสภาวะทั่วไป)
    - ปากใบมักอยู่ระดับเดียวกับผิวใบ (typical stomata)
    - แผ่นใบขนาดกลาง → จำนวนและความหนาแน่นของปากใบขึ้นอยู่กับชนิดของพืชนั้นๆ
    - มักพบปากใบด้าน lower epidermis มากกว่าด้าน upper epidermis



C2 การคายน้ำในรูปหยดน้ำ (guttation)

- กลไก
  - 1 พืชไม่สามารถคายน้ำในรูปไอน้ำได้
  - 2 พืชมีแรงดันน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากแรงดันราก
  - 3 น้ำจึงถูกดันมายังบริเวณ epithem (parenchyma ที่เกาะตัวอยู่หลวมๆ และเชื่อมต่อกับ tracheid)
  - 4 น้ำส่วนเกินถูกดันออกทาง hydathode

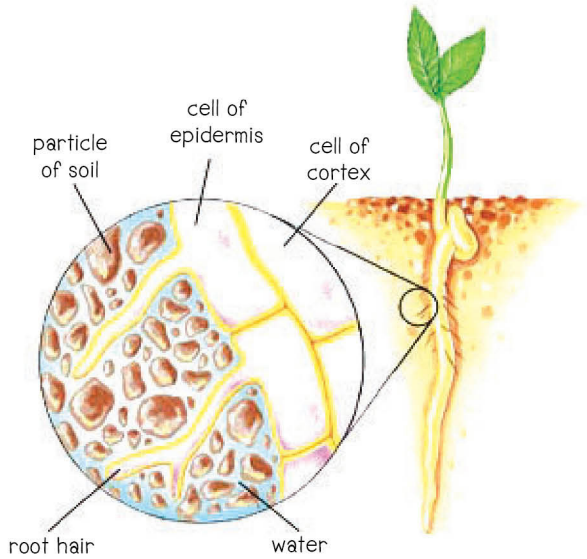
- ปัจจัยที่ทำหน้าที่ควบคุม
  - ความชื้นในอากาศสูง
  - ความกดอากาศสูง
  - อากาศอิ่มตัว
  - ไม่มีลม
  - อุณหภูมิต่ำมาก
  - ไม่มีแสง (ตอนกลางคืนหรือช่วงเช้ามืด)



D การลำเลียงสารของพืช

D1 การลำเลียงน้ำของพืช

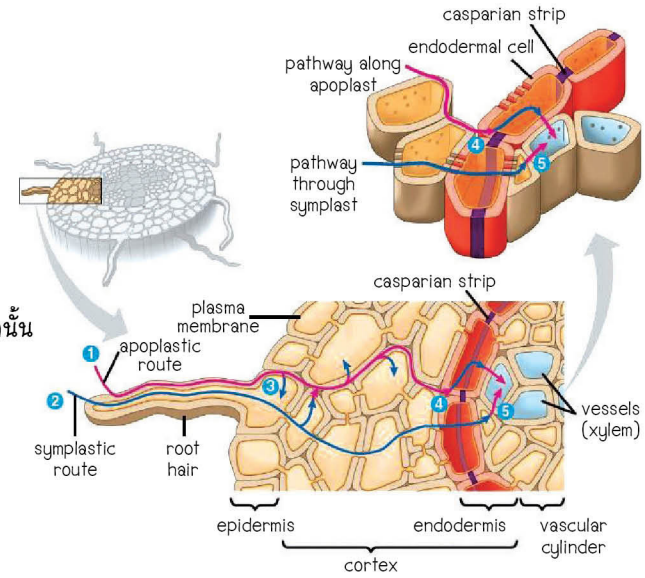
- การดูดน้ำของรากพืช (water absorption)
  - ออสโมซิส (osmosis)
    - กระบวนการหลักในการดูดน้ำเข้าสู่รากพืช
    - มีขนรากช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการออสโมซิสน้ำ
    - น้ำจะออสโมซิสจากดินที่มีความเข้มข้นต่ำ → รากพืชที่มีความเข้มข้นสูงกว่า
    - เป็นกระบวนการลำเลียงที่ไม่ต้องใช้พลังงาน (passive transport)



  - อิมบิบิชัน (imbibition)
    - กระบวนการดูดความชื้นหรือน้ำเข้าสู่ส่วนที่แห้ง → เซลลูโลสของผนังเซลล์
    - เป็นกระบวนการลำเลียงที่ไม่ต้องใช้พลังงาน (passive transport)

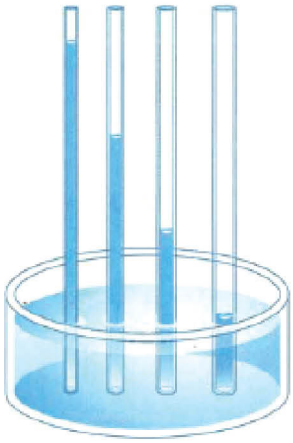
  - แอกทีฟทรานสปอร์ต (active transport)
    - เป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานพาสารเข้าสู่รากพืช → น้ำวิ่งตามแร่ธาตุเข้าสู่รากพืช

- การลำเลียงน้ำภายในชั้น cortex
  - อะโพพลาสต์ (apoplast) = การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านทาง cell wall/ ช่องว่างระหว่างเซลล์
  - ซิมพลาสต์ (symplast) = การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านทาง cytoplasm ของเซลล์ผ่านช่อง plasmodesmata
  - ที่ชั้น endodermis จะเกิดเฉพาะ symplast เท่านั้น

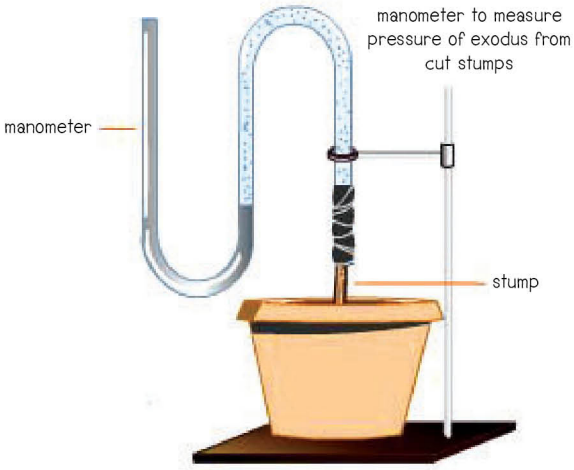


การลำเลียงน้ำจากท่อลำเลียงสู่ปลายยอด (water conduction)

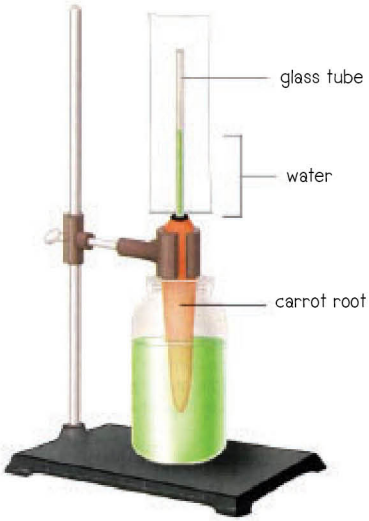
- แรงดันออสโมติก (osmotic pressure)
  - เกิดจากค่าความเข้มข้นของสารที่อยู่ในรากพืช ออสโมซิสน้ำเข้ามา → เกิดการขยายปริมาตร (แรงดันน้ำสูงขึ้น)
  - พบเด่นชัดในพืชไม่มีท่อลำเลียง



- capillary action
  - การเคลื่อนที่ของน้ำภายในหลอดเล็กๆ โดยใช้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับผนังด้านข้าง (adhesion force)
  - เป็นการลำเลียงน้ำระยะสั้น
  - หลอดยิ่งเล็กก็ยิ่งมีแรงดึงของน้ำมาก → เกิดใน tracheid ได้ดีกว่าใน vessel

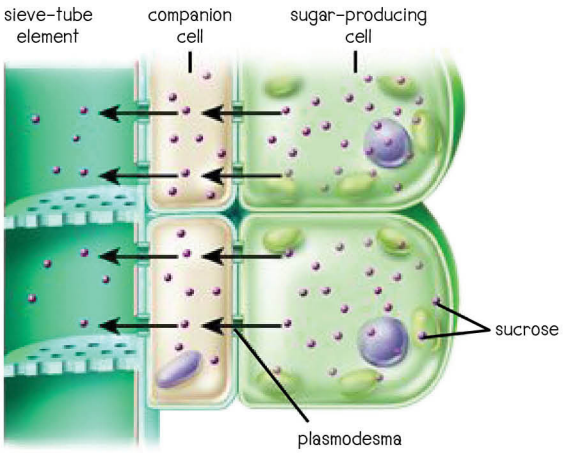


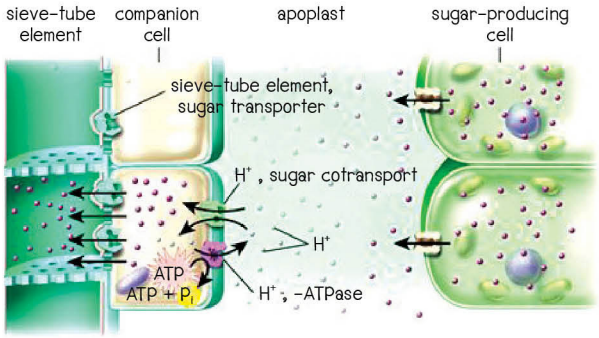
- แรงดันราก (root pressure)
  - เมื่อน้ำออสโมซิสมาสู่รากพืช → เกิดการสะสมของน้ำบริเวณราก → เกิดแรงดันน้ำภายในราก (hydrostatic pressure) เคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบนของพืช
  - มักพบในสภาวะที่น้ำในดินมีปริมาณมาก
  - เป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิด guttation ได้ และเชื่อว่ามีประโยชน์ในการไล่ฟองอากาศที่เกิดจากการขาดช่วงของสายน้ำ

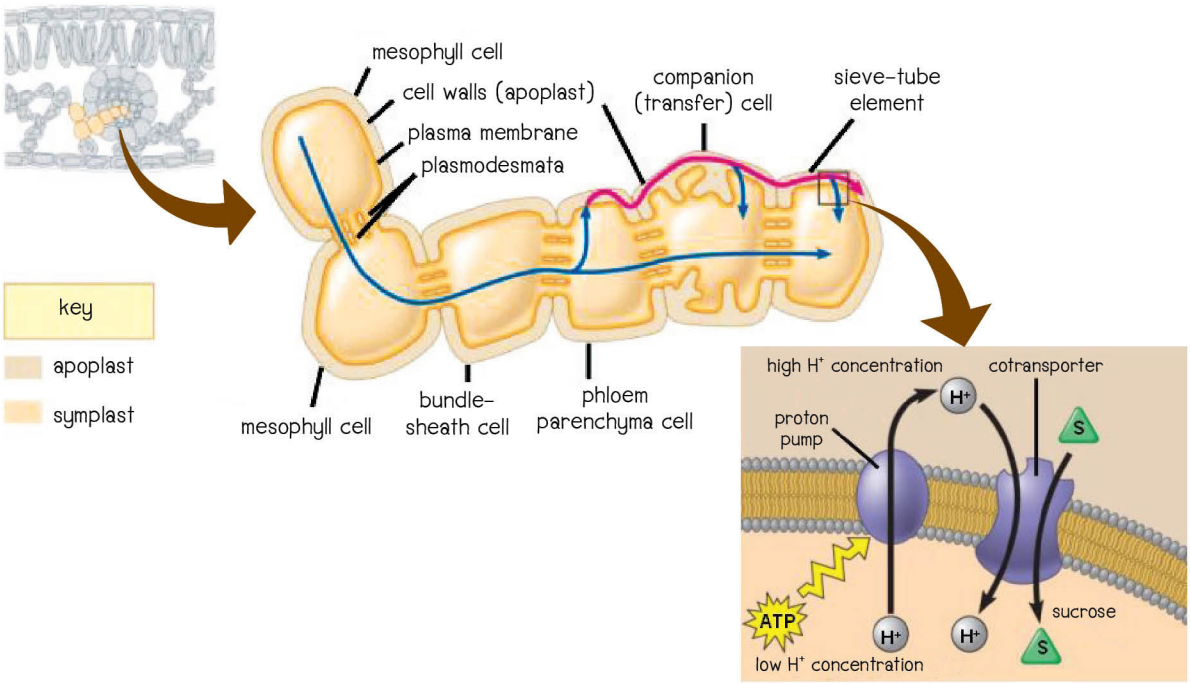


D3 การลำเลียงอาหารของพืช

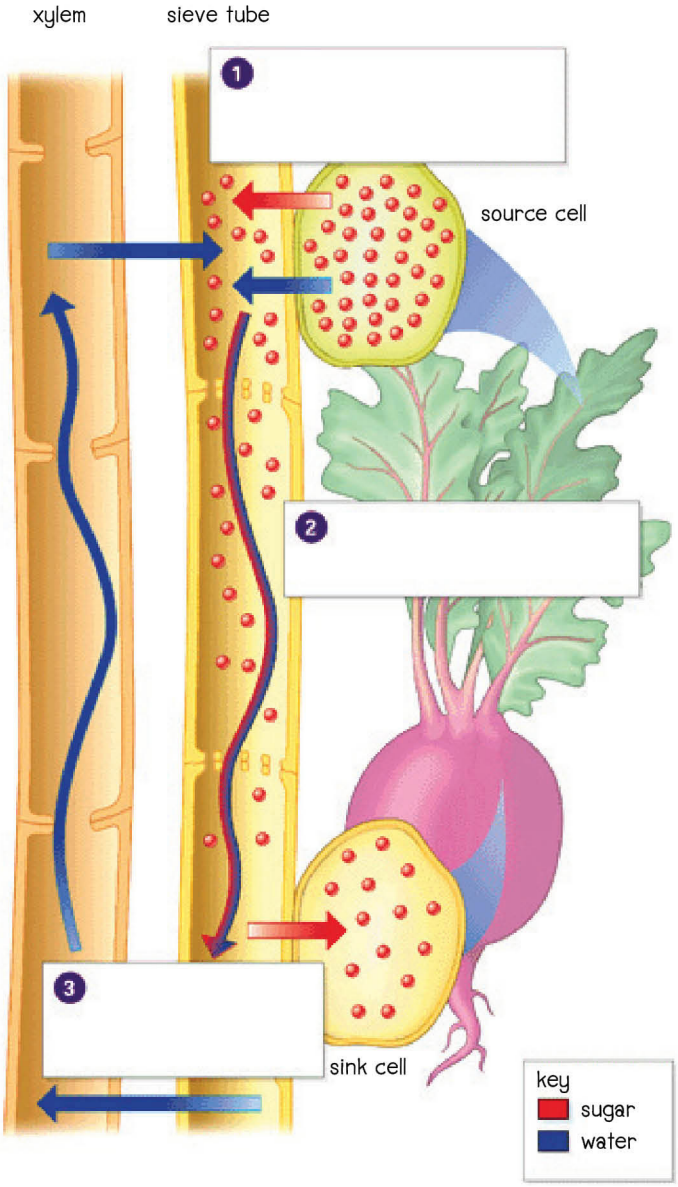
- การขนส่ง sucrose เข้าสู่โฟลเอ็ม (phloem loading)
  - แบบซิมพลาสต์ (symplast) = การขนส่ง sucrose จาก mesophyll cell เข้าสู่ companion cell และ sieve tube โดยผ่าน plasmodesmata โดยตรง
  - แบบอะโพพลาสต์ (apoplast) = การขนส่ง sucrose จาก mesophyll cell เข้าสู่ companion cell และ sieve tube โดยผ่าน cell wall และที่ว่างระหว่างเซลล์ → เกิด active transport ใช้ H^+-sucrose cotransporter



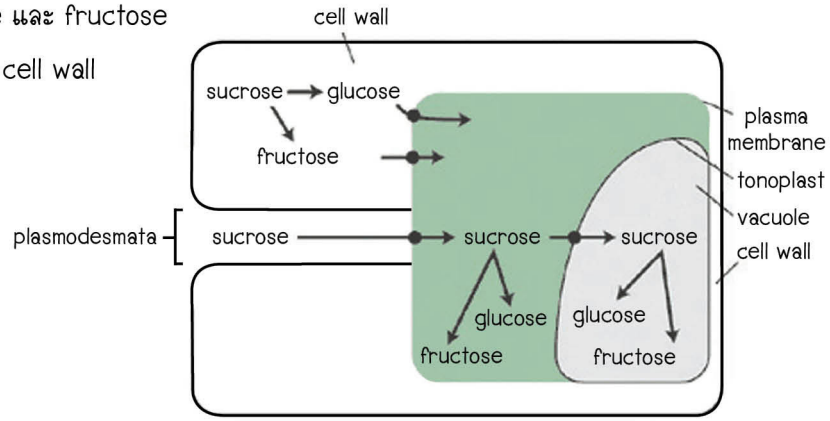




- การลำเลียงสารระยะไกลโดยโฟลเอ็ม (long-distance transport in phloem)
  - ความเข้มข้นของ sucrose ใน sieve tube เพิ่มมากขึ้น
  - น้ำจากเซลล์ข้างเคียงออสโมซิสเข้ามา
  - มีการเพิ่มขึ้นของ turgor pressure ใน sieve tube
  - เกิด pressure flow/ mass flow ดัน sucrose จาก source ไปยัง sink ได้

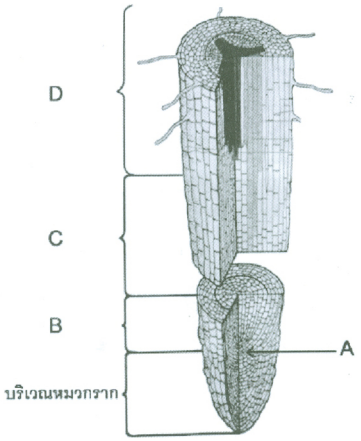


- การขนส่งออกจากโฟลเอ็มที่แหล่งรับอาหาร (phloem unloading)
  - แบบซิมพลาสต์ = sucrose สามารถผ่าน plasmodesmata เข้าสู่ sink ได้โดยตรง
  - แบบอะโพพลาสต์ = sucrose $\xrightarrow{\text{invertase}}$ glucose + fructose จากนั้น glucose และ fructose จะเคลื่อนที่เข้าสู่ cell ผ่านทาง cell wall



แบบฝึกหัด

1. จากภาพ อโพพลาสต์และซิมพลาสต์เกิดมากที่บริเวณใด (PAT2 มี.ค. 52)



1. A
2. B
3. C
4. D

2. หากศึกษาเนื้อเยื่อพืชแล้วพบว่าเซลล์นั้นมีซูเบอรินสะสมอยู่ในปริมาณมาก ข้อใดสรุปเกี่ยวกับเนื้อเยื่อนี้ได้ถูกต้อง (PAT2 พ.ย. 57)
   1. เป็นเนื้อเยื่อพาเรนไคมาใต้ชั้นคอร์กแคมเบียม
   2. เป็นเนื้อเยื่อคอร์กที่เจริญเต็มที่ อยู่เหนือชั้นคอร์กแคมเบียม
   3. เป็นเนื้อเยื่อเอนโดเดอร์มิสที่อยู่ด้านในสุดของราก ถัดจากชั้นเพอริไซเคิลเข้ามาทางด้านใน
   4. เป็นไฟเบอร์หรือสเกลอรีด ซึ่งทำให้เกิดความแข็งแรงกับโครงสร้าง

3. เซลล์รูปร่างยาว ผนังหนา มีลวดลายร่างแหที่ผนังด้านข้างซึ่งเกิดจากการพอกของสารลิกนิน ผนังด้านหัวท้ายมีรูทะลุ เซลล์เรียงต่อกันตามยาวคล้ายท่อคือข้อใด (PAT2 มี.ค. 52)
   1. ซีฟทิวบ์
   2. เทรคีด
   3. ไฟเบอร์
   4. เวสเซล

4. ถ้านำลำต้นถั่วเขียวมาส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบการจัดเรียงตัวของโครงสร้างท่อลำเลียงเป็นอย่างไร (PAT2 พ.ย. 57)
   1. เรียงตัวกระจัดกระจาย โดยโฟลเอ็มเรียงสลับกับไซเลม
   2. เรียงตัวเป็นระเบียบ โดยโฟลเอ็มเรียงสลับกับไซเลม
   3. เรียงตัวกระจัดกระจาย โดยโฟลเอ็มและไซเลมเรียงตัวในแนวรัศมีเดียวกัน
   4. เรียงตัวเป็นระเบียบ โดยไซเลมอยู่ด้านใน ส่วนโฟลเอ็มอยู่ด้านนอกและเรียงตัวในแนวรัศมีเดียวกัน

5. รากถั่วเขียวตัดตามขวาง ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะไม่พบเนื้อเยื่อชนิดใด (PAT2 มี.ค. 56)
   1. epidermis
   2. xylem และ phloem
   3. vascular cambium
   4. parenchyma และ collenchyma

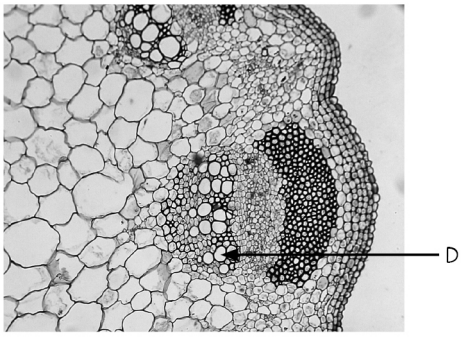
6. จากการศึกษาโครงสร้างรากพืช 2 ชนิด ได้ข้อมูลดังตารางข้างล่างนี้

รากพืชชนิด A	รากพืชชนิด B
1. มีไซเลมเรียงเป็นแฉก 4 แฉก	1. มีไซเลมเรียงเป็นแฉก 7 แฉก
2. เห็นชั้นเอนโดเดอร์มิสไม่ชัดเจน	2. เห็นชั้นเอนโดเดอร์มิสชัดเจน
3. ตรงกลางรากเป็นไซเลม	3. ตรงกลางรากเป็นพิธ

ข้อใดไม่ถูกต้อง (PAT2 ต.ค. 54)
   1. รากพืชชนิด A มีขนราก แต่รากพืชชนิด B ไม่มีขนราก
   2. รากพืชชนิด B เห็นแคสพาเรียนสตริพชัดเจนกว่ารากพืชชนิด A
   3. พืชชนิด A เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ และพืชชนิด B เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
   4. รากพืชชนิด A มีวาสคิวลาร์แคมเบียม แต่รากพืชชนิด B ไม่มี

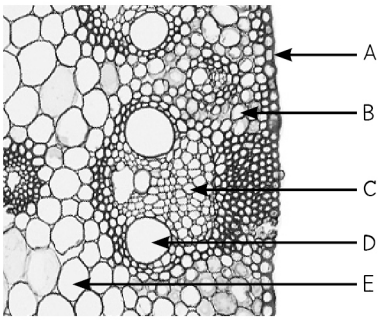
7. แกนของลำต้นพืชบริเวณใดประกอบด้วยกลุ่มของมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) (PAT2 มี.ค. 54)
   1. พิธ
   2. สตีล
   3. คอร์เทกซ์
   4. เอพิเดอร์มิส

8. จากภาพเป็นโครงสร้างภายในของพืช เนื้อเยื่อ D คืออะไรและพบในพืชใดตามลำดับ (PAT2 ก.ค. 53)



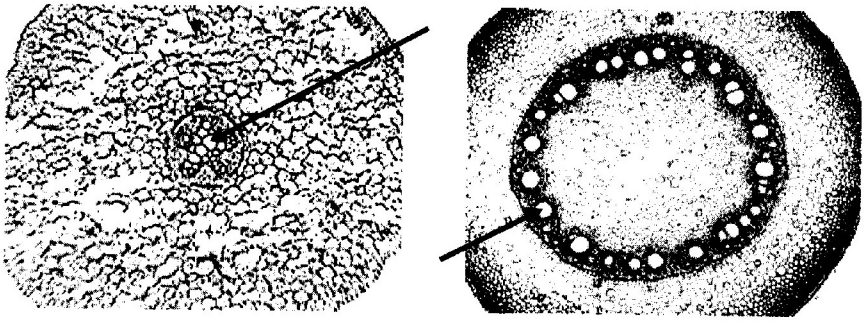
1. xylem ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
2. phloem ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
3. xylem ของพืชใบเลี้ยงคู่
4. phloem ของพืชใบเลี้ยงคู่

9. จากรูปแสดงโครงสร้างภายในของพืช เนื้อเยื่อ D คืออะไร (PAT2 มี.ค. 53)



1. xylem ของราก
2. phloem ของราก
3. xylem ของลำต้น
4. phloem ของลำต้น

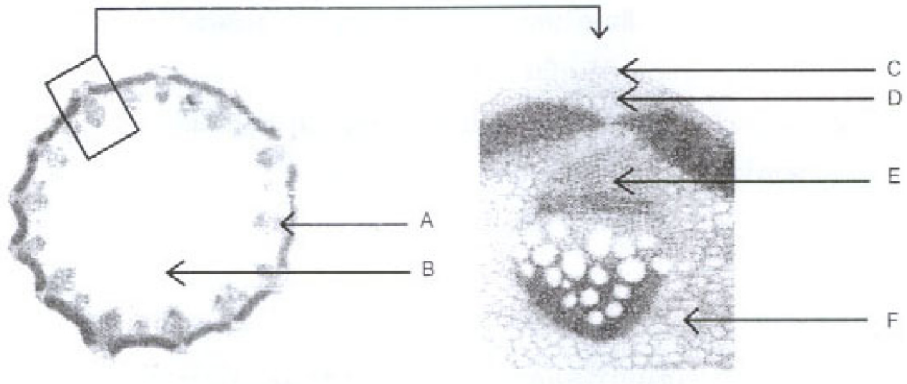
10. รากพืชดอก 2 ชนิด ตัดตามขวาง ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีโครงสร้างดังภาพ A และภาพ B บริเวณที่ลูกศรชี้ใน ภาพ A และ ภาพ B คือข้อใดตามลำดับ (PAT2 ต.ค. 52)



ภาพ A ภาพ B

1. primary xylem และ pith
2. pith และ primary xylem
3. pith และ pith
4. xylem และ xylem

11. ภาพลำต้นพืช



จากภาพ บริเวณใดเป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (PAT2 ก.ค. 52)

1. B C D
2. B F
3. D E
4. B D F

12. transpiration กับ guttation แตกต่างกันในเรื่องใด (PAT2 มี.ค. 53)

A รูปแบบของน้ำที่สูญเสียออกไป
B โครงสร้างหรือช่องทางที่สูญเสียน้ำ
C ช่วงเวลาหรือสภาพอากาศในขณะที่มีการสูญเสียน้ำ

1. A B
2. B C
3. A C
4. A B C

13. ข้อใดลำดับเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเปิดของปากใบเมื่อพืชได้รับแสงได้ถูกต้อง (PAT2 มี.ค. 55)

ก. ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์เพิ่มขึ้น
ข. น้ำจากเซลล์ข้างเคียงแพร่เข้าเซลล์คุม
ค. ปริมาณโพแทสเซียมไอออนในเซลล์คุมเพิ่มขึ้น
ง. เซลล์เต่งมากขึ้นและเปลี่ยนรูปไป ทำให้ปากใบเปิด

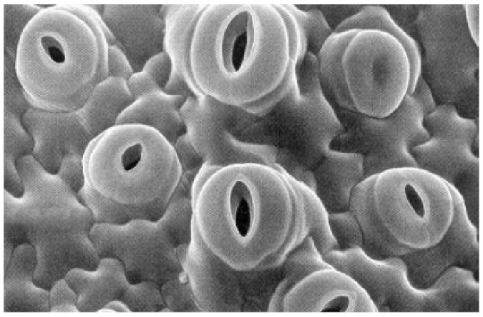
1. ก-ข-ค-ง
2. ก-ค-ข-ง
3. ค-ก-ข-ง
4. ค-ข-ก-ง

14. สภาวะใดส่งเสริมการเปิดของปากใบข้าวโพด (PAT2 ต.ค. 53)

1. ความเข้มแสงสูง
2. ความชื้นในอากาศต่ำลง
3. ปริมาณ CO_2 ภายในเซลล์คุมลดลง
4. ถูกทุกข้อ

15. ข้อใดคือบทบาทหน้าที่ของแสงต่อกลไกการเปิด-ปิดของปากใบ (PAT2 ก.ค. 53)
    1. แสงช่วยในการสร้าง ATP จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อใช้ในการปั๊มโปรตอน
    2. แสงทำให้เกิดการใช้ CO_2 ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้ CO_2 ในใบลดต่ำลง
    3. แสงช่วยทำให้ pH ของเซลล์ใบลดต่ำลง
    4. ข้อ 1 และ 2 ถูก

16. ภาพเยื่อผิวใบของพืชชนิดหนึ่ง



ข้อใดถูก (PAT2 ต.ค. 52)
    1. การปิด-เปิดรูปากใบขึ้นอยู่กับความเต่งของเซลล์ผิวโดยรอบ
    2. พืชที่มีเซลล์คุมขนาดใหญ่จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่มีเซลล์คุมขนาดเล็ก
    3. เมื่อความเข้มแสงสูงขึ้น จำนวนรูปากใบที่เปิดมีมากขึ้น และถ้าขาดน้ำในดิน พืชจะลำเลียง K^+ มาที่เซลล์คุม ทำให้รูปากใบปิด
    4. พืชที่มีจำนวนรูปากใบต่อพื้นที่มากกว่าจะคายน้ำได้ดีกว่าพืชที่มีจำนวนรูปากใบต่อพื้นที่น้อยกว่า

17. การสูญเสียน้ำจากใบพืชในเวลากลางวันที่มีแสงแดดจัดเกิดจากกลไกในข้อใดเป็นหลัก (PAT2 ต.ค. 55)
    1. แรงดันน้ำภายในพืชทำให้เกิดเป็นหยดน้ำที่บริเวณกลุ่มรูเปิดที่ผิวใบ
    2. การเคลื่อนที่ของน้ำในดินเข้าสู่รากแบบซิมพลาสและเคลื่อนขึ้นสู่ยอดพืชผ่านไซเลมและระเหยออกจากปากใบ
    3. การเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่ไซเลมของรากทำให้เกิดแรงดันขึ้นในไซเลมและดันให้น้ำระเหยออกจากปากใบในรูปของไอน้ำ
    4. ความแตกต่างระหว่างปริมาณไอน้ำในบรรยากาศและไอน้ำในช่องว่างภายในใบทำให้เกิดแรงดึงน้ำที่อยู่ในท่อไซเลมให้ขึ้นมาทดแทนน้ำที่พืชสูญเสียไป

18. ขณะที่มีการลำเลียงอาหารในต้นพืช สภาพแรงดันเต่งในเซลล์เป็นดังข้อใด (PAT2 มี.ค. 57)
    1. ที่แหล่งรับอาหาร แรงดันเต่งใน vessel member สูงกว่าแรงดันเต่งใน companion cell
    2. ที่แหล่งรับอาหาร แรงดันเต่งใน sieve tube member สูงกว่าแรงดันเต่งใน companion cell
    3. ที่แหล่งสร้างอาหาร แรงดันเต่งใน companion cell สูงกว่าแรงดันเต่งใน sieve tube member
    4. ที่แหล่งสร้างอาหาร แรงดันเต่งใน sieve tube member สูงกว่าแรงดันเต่งใน vessel member

19. การลำเลียงอาหารของพืชอาศัยกลไกใดเป็นหลัก (PAT2 มี.ค. 56)
    1. แรงดึงจากซีฟทิวบ์ปลายทาง
    2. ออสโมซิสจากเซลล์ที่เป็นแหล่งสร้างผ่านโฟลเอมไปยังซีฟทิวบ์ปลายทาง
    3. การแพร่ผ่านเซลล์ที่เป็นแหล่งสร้างเข้าสู่โฟลเอมไปยังซีฟทิวบ์ปลายทาง
    4. แรงผลักดันจากความแตกต่างของแรงดันในซีฟทิวบ์ต้นทางและปลายทาง

20. ข้อใดไม่ใช่การปรับตัวของพืชในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลง ความเข้มแสงลดลง และดินมีน้ำน้อยลง (PAT2 มี.ค. 56)
    1. พืชทิ้งใบเพื่อสร้างใบใหม่
    2. พืชปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ
    3. พืชสังเคราะห์กรดแอบไซซิกเพิ่มขึ้น
    4. พืชมีการปรับโครงสร้างให้มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำโดยมีรากแผ่ขยายเป็นวงกว้าง

ดาวน์โหลดเฉลยได้ที่