



ชีววิทยา

สรุปเข้ม แนวข้อสอบ

บันทึกภัท พักทอง

ม.ปลาย

เล่ม 2

ตะลุยข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย
พร้อมเฉลยอย่างละเอียด

เหมาะสำหรับ :

O-NET, PAT, 9 วิชาสามัญ, โควตา,
สอบตรง, ระบบ TCAS

299.-

ISBN 978-974-432-974-5



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์
(ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558 โดย ห้างหุ้นส่วนจำกัด สำนักพิมพ์ภูมิบัณฑิต
ห้ามลอกเลียนแบบไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือ
เล่มนี้ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดพิมพ์เท่านั้น

ราคา 299 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

นันท์นภัส พิภทอง.

สรุปเข้ม ชีววิทยา เล่ม 2.-- กรุงเทพฯ : ภูมิบัณฑิต, 2561.
324 หน้า.

1. ชีววิทยา -- ข้อสอบและเฉลย. I. ชื่อเรื่อง.

570.76

ISBN 978-974-432-974-5

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



หจก.สำนักพิมพ์ ภูมิบัณฑิต

143/173 ซ.อิสรภาพ 21 (ซ.วัดสังข์กระจาย) ถ.อิสรภาพ

แขวงวัดท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กทม. 10600

โทร. 02-891-1539 , 465-7606 , 466-8555

โทรสาร 02-466-2979

นางเบญจวรรณ มณีฉาย ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา

พิมพ์ที่ บริษัท ไอดี ออล ดิจิตอล พรินท์ จำกัด

52 ซอย เอกชัย 69 แขวงบางบอน เขตบางบอน

กรุงเทพมหานคร 10150 โทร. 028995429-35

www.ideol-print.com

สอบถามปัญหา/ข้อมูลอัปเดต



poombundit@yahoo.com สำนักพิมพ์ ภูมิบัณฑิต



www.poombundit.co.th



คำนำ

หนังสือเสริมความรู้ **Bio - Absolute** สรุปลีขีวิตวิทยาเล่มนี้ ได้จัดทำและพัฒนาขึ้นให้ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยผู้เรียบเรียงได้ปรับเนื้อหาสาระสำคัญเพื่อให้นักเรียนหรือผู้สนใจอ่านเข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น และได้จัดเรียงเนื้อหาให้สอดคล้องกับการเรียนชีววิทยาสำหรับผู้เรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ (แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์) ประกอบด้วยรายวิชาชีววิทยาพื้นฐานและรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ให้เนื้อหาสมบูรณ์และครบถ้วนรวมทั้งสอดแทรกแบบทดสอบสำหรับการทบทวนความรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสอบเข้ามหาวิทยาลัย

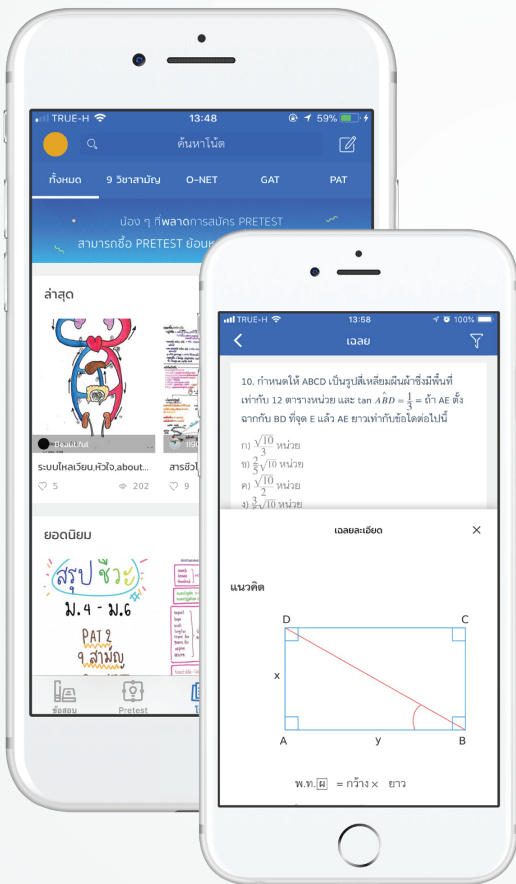
หนังสือเล่มนี้ จะสำเร็จลุล่วงไปมิได้ ผู้เรียบเรียงขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาด้านการสอนชีววิทยาให้ผู้เรียบเรียงได้ดำเนินชีวิตบนเส้นทางของวิชาชีพด้วยความภาคภูมิใจและถ่ายทอดประสบการณ์ออกมาเป็นหนังสือเล่มนี้ และขอขอบใจลูกศิษย์อันเป็นที่รักยิ่งและกำลังใจที่สำคัญให้ครูเสมอมา

ผู้เรียบเรียงหวังไว้เป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา รวมทั้งทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจบทเรียนในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มมากยิ่งขึ้นหากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

นันทน์ภัส พักทอง
เรียบเรียง

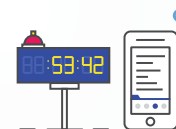
“สอบติด” แอปเตรียมสอบ และแนะแนวการศึกษาที่ดีที่สุด

รวมข้อสอบออนไลน์พร้อมเฉลยละเอียด สำหรับเข้ามหาวิทยาลัย



ผู้ช่วยแนะแนวการสอบที่ดีที่สุด

รวมข้อสอบ 9 วิชาสามัญ, O-NET, GAT, PAT มากที่สุด พร้อมเฉลยอย่างละเอียด



เตรียมความพร้อมก่อนสอบจริง

Pretest Online ทำข้อสอบเสมือนจริง
แบบออนไลน์พร้อมวิเคราะห์ผลสอบ



วิเคราะห์จุดอ่อนเสริมจุดแข็ง

วิเคราะห์จุดอ่อนและเสริมจุดแข็ง
เพื่อเพิ่มโอกาสในการสอบติด



สรุปย่อขั้นเทพ

เรียนรู้และแบ่งปันความรู้ผ่านการแชร์เน็ต
ได้ความรู้หรือเทคนิคดี ๆ กลับไปแน่นอน



สารบัญ

บทที่ 11 โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....	1
11.1 เนื้อเยื่อพืช.....	1
11.2 อวัยวะและหน้าที่ของพืช.....	4
11.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช.....	18
11.4 การลำเลียงน้ำของพืช.....	20
11.5 การลำเลียงสารของพืช.....	22
11.6 การลำเลียงอาหารของพืช.....	24
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 11.....	28
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 11.....	32
บทที่ 12 การสังเคราะห์ด้วยแสง.....	35
12.1 การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง.....	35
12.2 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง.....	37
12.3 โฟโตเรสไพเรชัน.....	47
12.4 กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4	47
12.5 กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM.....	49
12.6 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง.....	51
12.7 การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง.....	54
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 12.....	55
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 12.....	63
บทที่ 13 การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต.....	68
13.1 วัฏจักรชีวิต และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก.....	68
13.2 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกและการขยายพันธุ์พืช.....	82
13.3 การวัดการเจริญเติบโตของพืช.....	83
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 13.....	84
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 13.....	89

บทที่ 14 การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช.....	93
14.1 สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช.....	93
14.2 การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม.....	98
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 14	100
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 14	104
 บทที่ 15 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม.....	 107
15.1 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล.....	107
15.2 กฎของความน่าจะเป็น	110
15.3 กฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	111
15.4 การผสมเพื่อทดสอบ (Test cross).....	114
15.5 ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล	114
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 15	121
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 15	125
 บทที่ 16 ยีนและโครโมโซม.....	 130
16.1 การถ่ายทอดยีนและโครโมโซม	130
16.2 การค้นพบสารพันธุกรรม	131
16.3 โครโมโซม	133
16.4 องค์ประกอบทางเคมีของ DNA	135
16.5 โครงสร้างของ DNA	135
16.6 สมบัติของสารพันธุกรรม	137
16.7 มิวเทชัน	149
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 16	154
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 16	158
 บทที่ 17 พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ.....	 162
17.1 พันธุวิศวกรรม	162
17.2 การวิเคราะห์ DNA และการศึกษาจีโนม	167

17.3 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA.....	171
17.4 ความปลอดภัยของเทคโนโลยีทาง DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม.....	173
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 17	174
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 17	176

บทที่ 18 วิวัฒนาการ.....178

18.1 หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต.....	178
18.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต.....	180
18.3 พันธุศาสตร์ประชากร.....	182
18.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล.....	186
18.5 กำเนิดของสปีชีส์.....	189
18.6 วิวัฒนาการของมนุษย์.....	192
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 18	195
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 18	200

บทที่ 19 ความหลากหลายทางชีวภาพ..... 205

19.1 ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต.....	205
19.2 การศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต.....	205
19.3 กำเนิดของสิ่งมีชีวิต.....	208
19.4 อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต.....	211
19.5 ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย.....	243
19.6 การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ.....	244
แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 19	245
เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 19	251

บทที่ 20 ระบบนิเวศ.....257

20.1 ไบโอม (Biome).....	257
20.2 ความหลากหลายของระบบนิเวศ.....	259

20.3	ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ.....	261
20.4	การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ	263
20.5	การเปลี่ยนแปลงแทนที่.....	271
	แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 20	273
	เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 20	278

บทที่ 21 ประชากร 281

21.1	ความหนาแน่นและการแพร่กระจายของประชากร	281
21.2	ขนาดของประชากร	284
21.3	รูปแบบการเพิ่มของประชากร	261
21.4	การรอดชีวิตของประชากร	287
21.5	ประชากรมนุษย์	287
	แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 21	290
	เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 21	294

บทที่ 22 มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม 296

22.1	ทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ประโยชน์ ปัญหา และการจัดการ	296
22.2	หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ.....	304
22.3	ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	304
	แบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 22	306
	เฉลยแบบทดสอบทบทวนความรู้ บทที่ 22	310





บทที่ 11 : โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

11.1 เนื้อเยื่อพืช

➤ เนื้อเยื่อพืช (plant tissue) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ลักษณะร่วมที่สำคัญประการหนึ่งของเซลล์พืชคือ การมีผนังเซลล์ (cell wall) ให้ความแข็งแรงต่อโครงสร้างเซลล์พืช

ผนังเซลล์ (cell wall)

ผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary cell wall)

มีองค์ประกอบสำคัญเป็นเซลลูโลส (cellulose) ผนังเซลล์ปฐมภูมิของเซลล์ที่อยู่ติดกัน จะถูกโยงยึดไว้ด้วยมิดเดิลลามেলা (middle lamella) ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางระหว่างเซลล์ที่อยู่ติดกัน โดยมีเพกทิน (pectin) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

ผนังเซลล์ทุติยภูมิ (secondary cell wall)

แทรกอยู่ในผนังเซลล์ปฐมภูมิ (พบในเซลล์บางชนิด) องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของผนังเซลล์ทุติยภูมิคือ ลิกนิน (lignin)

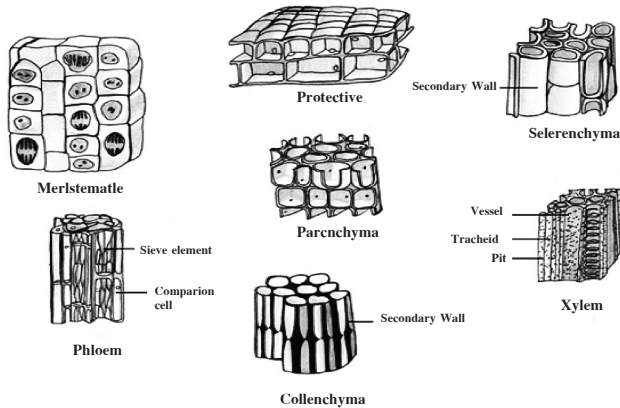
NOTE ; Lignin ย้อมติดสีแดงของสารชาฟรานีน

➤ เนื้อเยื่อ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเจริญของเนื้อเยื่อ

เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)





ภาพแสดงเนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิด

11.1.1 เนื้อเยื่อเจริญ



เนื้อเยื่อเจริญ (Meristem tissue)

1) เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

- เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายราก (apical root meristem)
- เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด (apical shoot meristem)

2) เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ (intercalary meristem)

- พบมากในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไป เช่น หล้า ข้าว ข้าวโพด อ้อย ไม้ เป็นต้น

3) เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristem)

- พบในพืชใบเลี้ยงคู่ทั่วไป และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น จันทน์ผา หมากผู้หมากเมีย
- เนื้อเยื่อเจริญชนิดนี้ เรียกอีกอย่างว่า แคมเบียม (cambium)

- ถ้าอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำ และเนื้อเยื่อท่อลำเลียงอาหารจะเรียกว่า วาสคิวลาร์แคมเบียม (vascular cambium) ซึ่งเมื่อแบ่งเซลล์ทำให้เกิดเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue)

- ถ้าพบอยู่บริเวณเนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิส (epidermis) หรือพบอยู่ถัดไปจากเอพิเดอร์มิส เรียกว่า คอร์กแคมเบียม (cork cambium) ซึ่งเมื่อแบ่งเซลล์ทำให้เกิดเนื้อเยื่อกอร์ก (cork) และเนื้อเยื่ออื่นๆ



11.1.2 เนื้อเยื่อถาวร

เนื้อเยื่อถาวร (Permanent tissue)

➤ เปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญ



เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว

- 1) **เอพิเดอร์มิส** เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่รอบนอกสุดของส่วนต่างๆ ของพืช ป้องกันเนื้อเยื่อที่อยู่ด้านใน ได้แก่
 - เซลล์ผิว (epidermal cell) รูปร่างแตกต่างกัน มักจะไม่พบคลอโรพลาสต์ มีสารคิวทิน (cutin) มาเคลือบเพื่อลดการระเหยของน้ำ
 - เซลล์คุม (guard cell) มักมีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วแดงอยู่เป็นคู่ประกบกัน เกิดเป็นช่องเรียกว่า รูปากใบ (stomatal pore) บริเวณรอบรูปากใบจะหนากว่าบริเวณอื่น เซลล์คุมจะมีคลอโรพลาสต์ รวมเรียกเซลล์คุมและรูปากใบว่า ปากใบ (stoma) นอกจากนี้ยังอาจพบขน (hair) ซึ่งอาจเป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ก็ได้
 - ในราก เอพิเดอร์มิสประกอบด้วยเซลล์ผิว และเซลล์ขนราก (root hair cell) มักไม่พบเซลล์คุม
- 2) **พาเรงคิมา** ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีชีวิต โดยทั่วไปมีการเรียงตัวที่ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) เซลล์นี้มักพบในอวัยวะหรือบริเวณที่แตกต่างกัน และอาจมีส่วนประกอบแตกต่างกันจึงทำให้มีหน้าที่ได้หลากหลาย เช่น หน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง สะสมอาหาร เป็นต้น
- 3) **คอลเลงคิมา** ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์มีชีวิตที่เรียกว่า เซลล์คอลเลงคิมา (collenchyma - cell) พบบริเวณเส้นกลางใบและลำต้นส่วนที่ยังอ่อนของพืชล้มลุก หรือไม้เลื้อยบางชนิด ช่วยให้เกิดความแข็งแรงแก่โครงสร้างพืช
- 4) **สเกลอเรนคิมา** ประกอบด้วยเซลล์สเกลอเรนคิมา (sclerenchyma cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิต ช่วยพยุงและให้ความแข็งแรงกับโครงสร้างของพืช จำแนกเป็น 2 ชนิด ได้แก่
 - เซลล์เส้นใย หรือไฟเบอร์ (fiber) ซึ่งเป็นเซลล์ที่เรียวยาว หัวท้ายเซลล์แหลม
 - สเกลอไรด์ (sclereid) ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ที่ไม่ยาวนัก มีรูปร่างหลายแบบ เช่น รูปหลายเหลี่ยม รูปดาว เป็นต้น มักอยู่ตามส่วนที่แข็งของเปลือกไม้ยางพารา เปลือกเมล็ด เช่น เมล็ดถั่ว หรือ เนื้อผลไม้ที่สากบางชนิด เช่น ฝรั่ง สาเล่ เป็นต้น



เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน

1) **ไซเล็ม (xylem)** เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหารไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช เซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ มี 2 ชนิด ได้แก่

- เทรคีด (tracheid) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างยาว ปลายค่อนข้างแหลม
- เวสเซลเมมเบอร์ (vessel member) มีรูปร่างสั้นกว่าเตรคีด และมักมีขนาดใหญ่กว่า และที่ด้านหัวและท้ายของเซลล์มีช่องทะลุถึงกัน
- นอกจากนี้ ไซเล็มประกอบด้วยเซลล์ชนิดอื่นๆ เช่น ไฟเบอร์ และเซลล์พาเรงคิมา เป็นต้น

2) **โฟลเอ็ม (phloem)** เป็นเนื้อเยื่อทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ใบสังเคราะห์ไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วย

- เซลล์ท่อลำเลียงอาหาร หรือซีฟทิวบ์เมมเบอร์ (sieve tube member) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีชีวิต รูปทรงกระบอก แต่เมื่อเจริญเต็มที่ที่ไม่มีนิวเคลียส มีแวคิวโอลขนาดใหญ่ที่มีอาหารอยู่ มีผนังเซลล์บางและมีรูเล็กๆ อยู่เป็นกลุ่มที่ผนังด้านหัวท้ายของเซลล์ ทำให้เซลล์มีลักษณะเป็นแผ่นตะแกรงหรือซีฟเพลต (sieve plate)
- เซลล์ประกบ หรือเซลล์คอมพานีออน (companion cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีชีวิต มีลักษณะเป็นเซลล์พาเรงคิมา จะอยู่ติดกับซีฟทิวบ์เมมเบอร์เสมอ เพราะกำเนิดมาจากเซลล์เจริญเซลล์เดียวกัน ช่วยส่งเสริมการทำหน้าที่ของซีฟทิวบ์เมมเบอร์
- นอกจากนี้แล้ว โฟลเอ็มยังพบไฟเบอร์และเซลล์พาเรงคิมาอีกด้วย

11.2 อวัยวะและหน้าที่ของพืช

โครงสร้างพืชที่กล่าวถึงในบทเรียนนี้

โครงสร้างตามยาวและตามขวาง

หน้าที่หลักและหน้าที่พิเศษ

ราก

ลำต้น

ใบ





11.2.1 โครงสร้างและหน้าที่ของราก

➤ โครงสร้างและการเจริญเติบโตของราก

ส่วนที่ไปเป็นรากอันดับแรกของพืชเรียก รากปฐมภูมิ (primary root) หรือรากแก้ว (tap root) ต่อมาความยาวของรากเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และอาจสังเกตเห็นขนราก (root hair) เกิดขึ้นที่บริเวณถัดจากปลายสุดของราก จากนั้นจะมีการเพิ่มจำนวนและเพิ่มความยาวของราก และมีการสร้างรากแขนง (lateral root หรือ secondary root) สำหรับรากข้าวโพดรากที่เพิ่มขึ้นไม่เจริญออกมาจากรากเดิม แต่เจริญมาจากบริเวณที่อยู่เหนือขึ้นไป เรียกว่า รากพิเศษ (adventitious root)

⇒ โครงสร้างของรากตามยาว เรียงลำดับจากปลายสุดของรากขึ้นไป



โครงสร้างรากตามยาว

1. **หมวกราก (root cap)** สามารถผลิตเมือกขับออกมารอบๆ หมวกราก ทำให้สะดวกต่อการขยี้และช่วยป้องกันอันตรายให้กับเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ถัดเข้าไปขณะที่รากขยี้ลงดิน
2. **บริเวณการแบ่งเซลล์ (region of cell division)** ส่วนนี้มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ซึ่งเซลล์ส่วนหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ในหมวกราก แต่เซลล์ส่วนใหญ่จะมีการเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นส่วนประกอบต่างๆ ของโครงสร้างราก
3. **บริเวณที่ยืดตามยาวของเซลล์ (region of cell elongation)** โดยทั่วไปเซลล์บริเวณนี้จะยืดตามยาวทำให้ความยาวของรากเพิ่มขึ้น
4. **บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพและการเจริญเต็มที่ของเซลล์ (region of cell differentiation and maturation)** เป็นบริเวณที่เซลล์มีการเปลี่ยนสภาพและเจริญเต็มที่ไปเป็นเซลล์ชนิดต่างๆ ในโครงสร้างของรากเพื่อทำหน้าที่เฉพาะ เช่น มีเซลล์ขนรากอยู่ที่เอพิเดอร์มิส ทำหน้าที่ให้น้ำและสารอาหารจากดินผ่านเข้าไป เซลล์นี้มีผนังด้านนอกยื่นยาวออกไปคล้ายขนที่มีความยาวหลายเท่าของความกว้างของเซลล์ เพื่อทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดน้ำ และสารอาหาร



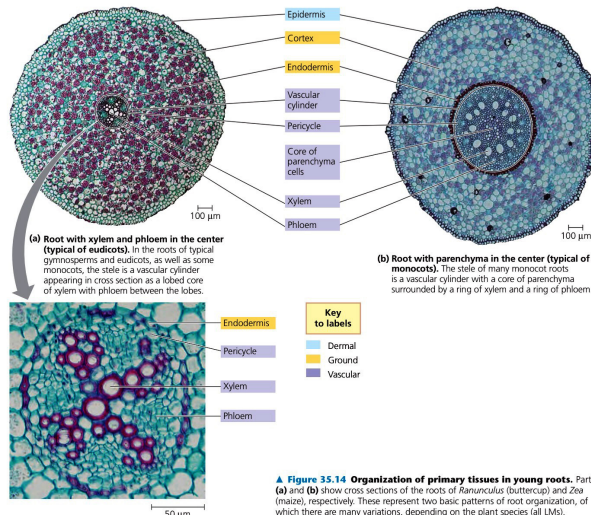
⇒ โครงสร้างของรากตามขวาง สามารถแยกเป็นบริเวณหรือชั้นต่างๆ ตามลักษณะเซลล์ที่เห็นได้เป็น 3 บริเวณ

โครงสร้าง	ลักษณะ	
1. เอพิดอร์มิส	- อยู่รอบนอกสุดโดยทั่วไปประกอบด้วยเซลล์ผิว และเซลล์ขนรากเรียงเป็นแถวเดียว	
2. คอร์ทেকซ์	- เป็นบริเวณที่ประกอบด้วยเซลล์หลายแถวอยู่ระหว่างเอพิดอร์มิส และบริเวณสตีล - พบเซลล์พาเรงคิมา ทำหน้าที่สะสมน้ำและอาหาร - ด้านในสุดของคอร์ทেকซ์ มักเห็นเซลล์เรียงเป็นแถวเรียก เอนโดเดอร์มิส (endodermis) ซึ่งจะเห็นชัดเจนในรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีสารซูบेरินสะสมเป็นแถบเล็กๆ รอบเซลล์	
	3.1 เพริไซเคิล (pericycle)	- ประกอบเซลล์พาเรงคิมาเรียงเป็นวงโดยรอบ อาจมีชั้นเดียวหรือหลายชั้นแล้วแตชนิดพืช สามารถเปลี่ยนสภาพกลับไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญ แบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อสร้างเนื้อเยื่อที่เป็นต้นกำเนิดของรากแขนง
	3.2 กลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle)	- เกิดขึ้นในการเติบโตปฐมภูมิ 1) ซิเล็ม ในรากประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและสารอาหาร ได้แก่ เวสเซลเมมเบอร์ เทรคีด อาจมีไฟเบอร์ และเซลล์พาเรงคิมา น้ำสามารถผ่านเวสเซลเมมเบอร์จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งได้ทางช่องทะลุด้านหัวท้ายของเซลล์ และผ่านผนังเซลล์ด้านข้างบริเวณที่ยังบางอยู่ สำหรับ เทรคีดน้ำสามารถผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งได้ทางผนังด้านข้างบริเวณที่ยังบางอยู่ 2) โพลเอ็ม ในรากมักประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ได้แก่ ซีฟทิวบ์เมมเบอร์ เซลล์คอมพาเนียน อาจมีเซลล์พาเรงคิมา และไฟเบอร์ การลำเลียงอาหารเกิดขึ้นในซีฟทิวบ์เมมเบอร์ โดยอาหารจะถูกลำเลียงผ่านรูของซีฟเพลต และบริเวณคล้ายรูปผนังเซลล์ด้านข้าง
		3.3 พิช (pith)



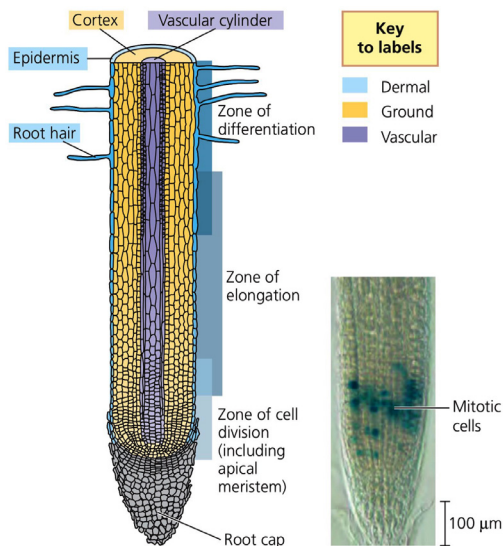
ตารางเปรียบเทียบรากของพืชใบเลี้ยงคู่ และรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

รากพืชใบเลี้ยงคู่	รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
1. กลุ่มเซลล์ในไซเล็ม เห็นเรียงเป็นแฉกมี 4 แฉก	1. ไซเล็มมีจำนวนแฉกเกินกว่า 10 แฉก
2. ชั้นเอนโดเตอร์มิสเห็นไม่ชัดเจน	2. ชั้นเอนโดเตอร์มิสเห็นชัดเจน
3. ตรงกลางเป็นไซเล็ม	3. ตรงกลางเป็นพืธ



ภาพแสดงโครงสร้างของรากพืชตัดตามขวาง (a) รากพืชใบเลี้ยงคู่ (b) รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

ที่มา ; Reece et al. (2011)



ภาพแสดงโครงสร้างของรากพืช

ที่มา ; Reece et al. (2011)



⇒ การเติบโตทุติยภูมิของรากพืชใบเลี้ยงคู่ (สำหรับรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวส่วนใหญ่จะไม่พบการเติบโตทุติยภูมิ)

เป็นการเจริญเติบโตที่ทำให้รากมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง

1) **วาสคิวลาร์แคมเบียม** เปลี่ยนจากเซลล์ระหว่างไซเล็มปฐมภูมิ และโฟลเอ็มปฐมภูมิ แบ่งตัวสร้างไซเล็มทุติยภูมิ (secondary xylem) เข้าไปทางด้านใน และสร้างโฟลเอ็มทุติยภูมิ (secondary phloem) ออกมาทางด้านนอก

2) **คอร์กแคมเบียม** เปลี่ยนสภาพมาจากเพริไซเคิล ทำให้เกิดการเติบโตทุติยภูมิโดยสร้างคอร์กแทนเนื้อเยื่อผิวเดิม

หน้าที่และชนิดของราก



⇒ ขณะที่เมล็ดเริ่มงอก ส่วนประกอบของเอ็มบริโอที่เจริญออกมาจากเมล็ดเป็นอันดับแรกคือ แรดิเคิล (radicle) ซึ่งเจริญเติบโตต่อไปเป็นรากแก้ว โดยทั่วไปจะพบว่ามีรากแขนงแตกสาขาตลอดหลั่นกันไปเป็นลำดับ

⇒ รากแก้ว : เจริญมาจาก Radicle ใน Embryo ของเมล็ด

❖ พืชใบเลี้ยงคู่ : ขนาดใหญ่ ปลายเรียวลึกลงไปในดิน

❖ พืชใบเลี้ยงเดี่ยว : จะเจริญในระยะแรก แล้วสลายไป จะมีรากฝอยมาทำหน้าที่แทน

⇒ รากแขนง : พบในพืชใบเลี้ยงคู่ เจริญมาจาก pericycle ของรากแก้ว

⇒ รากพิเศษ (Adventitious root) : เกิดจากใบ กิ่ง หรือข้อลำต้น



⇒ หน้าที่ของราก

- 1) ช่วยยึดลำต้นให้ติดแน่นกับพื้นดิน
- 2) ช่วยดูดน้ำและธาตุอาหารจากพื้นดิน และลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ
- 3) เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ เช่น

หน้าที่พิเศษของราก	ตัวอย่างพืช
รากค้ำจุนลำต้น	ข้าวโพด ข้าวฟ่าง โกนกง เตย ลำเจียก
รากหายใจ	แสม ลำพู ลำแพน
รากยึดเกาะและดูดซับความชื้นในอากาศ	กล้วยไม้ ไทร
รากสะสมอาหาร	มันแกว กระชาย แครอท มันเทศ มันสำปะหลัง ต้อยติ่ง
รากทำหน้าที่เป็นหุ่นลอย	แพงพวยน้ำ
รากยึดเกาะ	พลูด่าง พริกไทย
รากสังเคราะห์ด้วยแสง	กล้วยไม้



11.2.2 โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น

โครงสร้างลำต้นบริเวณส่วนปลายยอด

1. เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด มีกลุ่มเซลล์เจริญที่พัฒนาไปเป็นลำต้น ใบ และตาตามซอก (axillary bud) ที่จะเจริญไปเป็นกิ่ง
2. ใบเริ่มเกิด (leaf primordium) จะพัฒนาไปเป็นใบอ่อน บริเวณตรงกลางของโคนใบเริ่มเกิดจะเห็นเซลล์ขนาดเล็กรูปร่างยาวเรียงตัวเป็นแนวยาวจากลำต้นอ่อนขึ้นไปจนเกือบถึงส่วนปลาย เซลล์เหล่านี้จะเจริญต่อไปเป็นเนื้อเยื่อห่อลำเลียงแยกจากลำต้นสู่ใบ
3. ใบอ่อน (young leaf) ตรงซอกใบอ่อนมีตาตามซอกเริ่มเกิด (axillary bud primordium) ซึ่งจะพัฒนาเป็นตาตามซอกเมื่อใบที่รองรับอยู่นั้นได้เจริญเต็มที่
4. ลำต้นอ่อน (young stem) อยู่ถัดจากตำแหน่งใบเริ่มเกิดลงมา เซลล์บางบริเวณได้แก่ เอพิเดอร์มิส อาจพัฒนาไปจนเจริญในระดับหนึ่งแล้วแต่บางบริเวณยังแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนและขยายขนาดต่อไปได้อีก จนกระทั่งเป็นลำต้นระยะที่เจริญเต็มที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบริเวณต่างๆ ที่ทำหน้าที่เฉพาะได้อย่างสมบูรณ์



⇒ โครงสร้างภายในของลำต้นเมื่อตัดตามขวาง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบริเวณต่างๆ ดังนี้

โครงสร้างลำต้นตามขวาง (Cross Section)

1. เอพิเดอร์มิส

- อยู่ชั้นนอกสุด ประกอบด้วยเซลล์ผิว เซลล์คุม และอาจมีขนซึ่งมีลักษณะต่างๆ

2. คอर्टเทกซ์

- ประกอบด้วยเซลล์หรือเนื้อเยื่อหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นพารงคิมา และมักมีคอลเลงคิมาอยู่ติดเอพิเดอร์มิส ในพืชบางชนิดอาจเห็นไม่ชัดเจน เช่น พืชใบเลี้ยงเดี่ยว

3. สตีล

- เป็นบริเวณที่อยู่ถัดชั้นคอर्टเทกซ์เข้าไป ประกอบด้วย ...

3.1 กลุ่มท่อลำเลียง อยู่เป็นกลุ่มๆ หลายกลุ่มเรียงตัวเป็นวงในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่ละกลุ่มมีเนื้อเยื่อท่อลำเลียงด้านในเป็นไซเล็ม และด้านนอกเป็นโฟลเอ็มเรียงตัวในแนวรัศมีเดียวกัน

3.2 วาสคิวลาร์เรย์ (vascular ray) เป็นพารงคิมาที่อยู่ระหว่างกลุ่มท่อลำเลียงพบในพืชใบเลี้ยงคู่

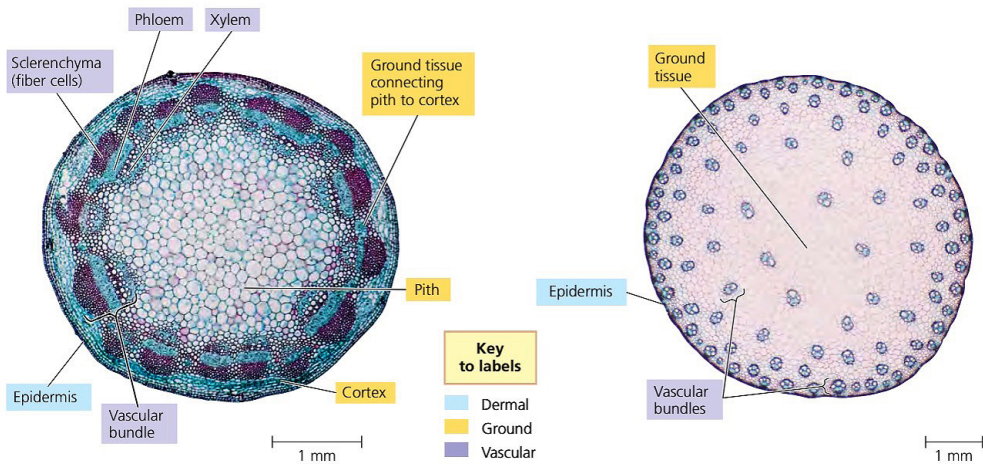
3.3 พิธ อยู่ชั้นในสุดที่ใจกลางของลำต้นถัดจากแนวกลุ่มท่อลำเลียง อาจสะสมแป้งหรือสารต่างๆ ได้มาก

ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



กลุ่มท่อลำเลียงกระจายอยู่ทั่วไปทำให้ไม่เห็นขอบเขตของพิธ และวาสคิวลาร์เรย์ จึงทำให้เห็นว่าไม่มีกลุ่มท่อลำเลียงกระจายทั่วไปในเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue) ซึ่งมักเป็นเซลล์พารงคิมา

พืชบางชนิดเมื่อลำต้นแก่ขึ้นพบว่า บริเวณใจกลางลำต้นซึ่งอาจรวมทั้งพิธและเนื้อเยื่ออื่นๆ อาจสลายไปกลายเป็นช่องเรียกว่า ช่องพิธ (pith cavity) เช่น ที่พบในบริเวณปล้องของหญ้าและไม้



ภาพแสดงโครงสร้างของลำต้นพืชตามขวาง (ซ้าย) ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ (ขวา) ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
ที่มา ; Reece et al. (2011)

ตารางเปรียบเทียบลำต้นของพืชใบเลี้ยงคู่ และ ลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่	ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
1. ข้อและปล้องเห็นไม่ชัดเจน	1. มีข้อและปล้องเห็นได้ชัดเจน
2. ตำแหน่งที่เกิดใบอยู่ตรงข้อบริเวณที่มีก้านใบติดอยู่	2. ก้านใบเปลี่ยนแปลงไปเป็นกาบใบหุ้มบริเวณข้อ
3. ชอกใบมีตาตามชอกซึ่งต่อไปเจริญเป็นกิ่งหรือดอก	3. ไม่เห็นตาตามชอกไหลออกมาและไม่ค่อยมีการแตกกิ่ง



เปิดดู **วิดีโอออนไลน์** ประกอบการเรียนรู้หนังสือเล่มนี้ได้ที่

WWW.PEC9.COM



⇒ การเติบโตทุติยภูมิของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่

- เป็นการเจริญเติบโตเพื่อขยายขนาดทางด้านข้างของลำต้น โดยมีวาสคิวลาร์แคมเปียมเกิดขึ้นตรงแนวระหว่างไซเล็มปฐมภูมิและโฟลเอ็มปฐมภูมิ

- วาสคิวลาร์แคมเปียม จะแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเนื้อเยื่อท่อลำเลียงทุติยภูมิโดยเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นทางด้านในจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์ในเนื้อเยื่อไซเล็มทุติยภูมิ ส่วนเซลล์ใหม่ด้านนอกจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์ในโฟลเอ็มทุติยภูมิ โดยอัตราการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ในไซเล็มทุติยภูมิจะเกิดได้เร็วกว่าโฟลเอ็มทุติยภูมิ จึงทำให้ไซเล็มทุติยภูมิมีปริมาณมากกว่าโฟลเอ็มทุติยภูมิ

การเจริญเติบโตทุติยภูมิ

1) ไซเล็มที่มีอายุมากที่สุดจะอยู่ชั้นในสุดของลำต้น ถ้าเป็นลำต้นที่มีอายุมากๆ ไซเล็มที่มีอายุมาก จะหยุดลำเลียงน้ำ ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงและอาจสะสมสารอินทรีย์ต่างๆ จึงมักมองเห็นไซเล็มบริเวณนี้มีสีเข้มเรียกไซเล็มบริเวณนี้ว่า **แก่นไม้ (heartwood)** ซึ่งอาจมีความแข็งแรงมากกว่าบริเวณอื่น

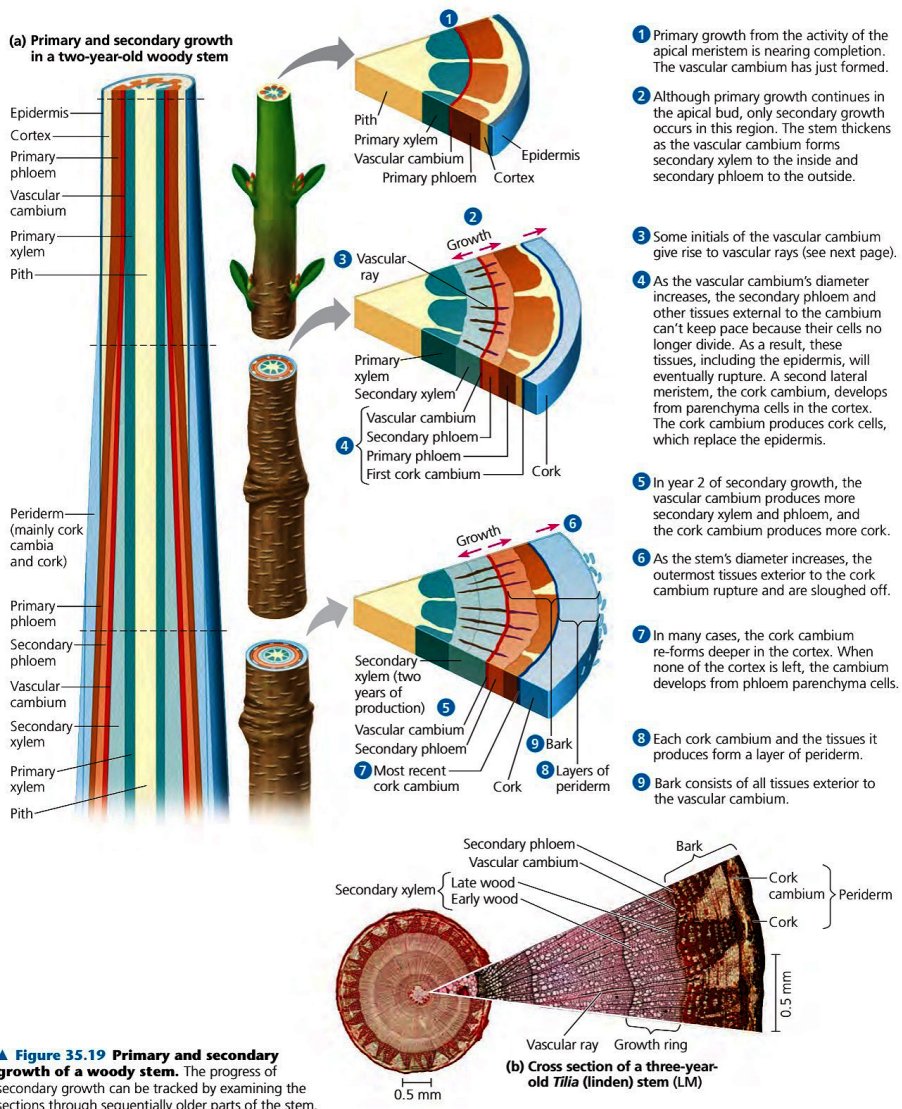
2) ไซเล็มที่อยู่รอบนอกซึ่งมีสีจางกว่าชั้นใน ยังคงทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและสารอาหารต่อไปเรียกว่า **กระพี้ไม้ (sapwood)**

- ทั้งกระพี้ไม้และแก่นไม้รวมเรียกว่า **เนื้อไม้ (wood)** ซึ่งเป็นไซเล็มทุติยภูมิทั้งหมด

- การสร้างเนื้อไม้ของพืชบางชนิดจะมีได้มากน้อยต่างกันในแต่ละฤดูในรอบหนึ่งปี ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเป็นสำคัญ ในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมมีน้ำอุดมสมบูรณ์ ไซเล็มจะเจริญได้ดี เซลล์มีขนาดใหญ่ทำให้ไซเล็มกว้าง และเห็นเป็นแถบสีจางในเนื้อไม้ (Spring wood) ส่วนในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมแห้งแล้งและขาดน้ำ ไซเล็มจะเจริญได้ไม่ดี เซลล์มีขนาดเล็กทำให้เห็นเป็นแถบแคบๆ และมีสีเข้ม (Summer wood) ลักษณะดังกล่าว ทำให้เนื้อไม้มีสีจางและสีเข้มสลับกันมองเห็นเป็นวงเรียกว่า วงปี (annual ring)



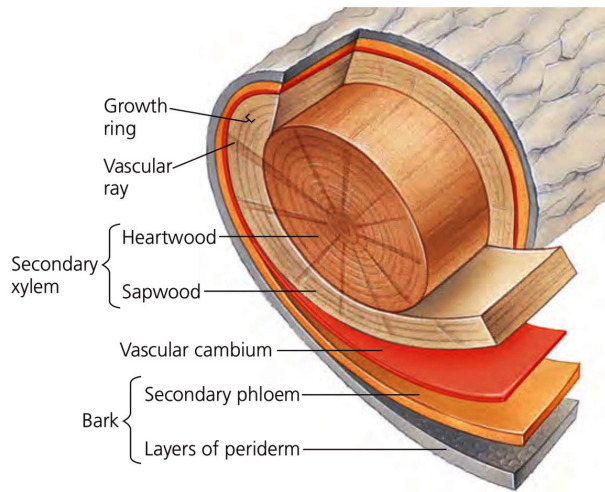
- ในลำต้นพืชขนาดใหญ่ นอกจากมีเนื้อไม้แล้วยังมีเปลือกไม้ (bark) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ถัดจากวาสคิวลาร์แคมเบียมออกไปด้านนอก พบในลำต้นที่มีอายุมาก ซึ่งเอพิดอร์มิสหลุดสลายไปนานแล้ว เหลือแต่คอร์กซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วย เซลล์คอร์ก (cork cell) โดยจะมีสารซูเบอร์รินเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์และคอร์กแคมเบียม และอาจมีพาเรงคิมาที่เกิดจากคอร์กแคมเบียม รวมทั้งโพลีเอมทูติยภูมิที่สร้างขึ้นใหม่ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงอาหารแทนโพลีเอมปฐมภูมิที่ถูกเบียดสลายไป



▲ Figure 35.19 Primary and secondary growth of a woody stem. The progress of secondary growth can be tracked by examining the sections through sequentially older parts of the stem.

ภาพสรุปการเจริญขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ของพืชใบเลี้ยงคู่

ที่มา ; Reece et al. (2011)



ภาพแสดงการเจริญชั้นที่ 2 (ทุตติยมุมิ) ของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่

ที่มา ; Reece et al. (2011)



➤ หน้าที่และชนิดของลำต้น

- ลำต้นโดยทั่วไป เป็นแกนหลักของพืชที่อยู่เหนือระดับผิวดิน ทำหน้าที่ชูกิ่งและใบให้กางออกเพื่อรับแสง ลำเลียงน้ำ สารอาหาร และสารต่างๆ ที่พืชสร้างขึ้นส่งผ่านไปยังส่วนต่างๆ

- พืชบางชนิดมีลำต้นที่เจริญอยู่ใต้ระดับผิวดินเรียกลำต้นใต้ดิน ลำต้นใต้ดินของพืชหลายชนิดอาจทำหน้าที่พิเศษในการสะสมอาหาร เช่น ลำต้นใต้ดินของมันฝรั่ง เผือก แห้ว ขิง ข่า เป็นต้น

- นอกจากนี้ลำต้นอาจมีหน้าที่พิเศษอื่นๆ ดังนี้

หน้าที่พิเศษของลำต้น	ตัวอย่างพืช
ลำต้นทำหน้าที่เป็นมือเกาะ	ฟักทอง ตำลึง มะระขึ้นก บวบ น้ำเต้า เสาวรส
ลำต้นทำหน้าที่เป็นขอเกี่ยว	การเวก กระดังงา
ลำต้นทำหน้าที่เป็นพุนลอย	ผักกระเฉด
ลำต้นสังเคราะห์ด้วยแสง	พญาไร้ใบ กระบองเพชร
ลำต้นมีหนาม	มะนาว ส้ม เฟื่องฟ้า
ลำต้นขยายพันธุ์ด้วยไหล (stolon)	บัว เศรษฐีเรือนนอก เศรษฐีเรือนใน และหญ้า



11.2.3 โครงสร้างและหน้าที่ของใบ

➤ โครงสร้างและการเจริญเติบโตของใบ

- ใบของพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วย...

- ก้านใบ (petiole)
- แผ่นใบ (blade)
- ใบอาจมีหูใบ (stipule) ที่บริเวณโคนก้านใบ
- ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวใบมักไม่มีก้านใบ แต่จะมีกาบใบ (leaf sheath)

- โดยทั่วๆ ไป ใบของพืชมีสีเขียวเนื่องจากมีคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีที่รับพลังงานแสง แต่ใบของพืชบางชนิดมีสีแดงหรือสีม่วงเพราะภายในใบมีการสร้างสารสีอื่นๆ เช่น สารสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) หรือมีสารสีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งถ้ามีมากกว่าคลอโรฟิลล์จะทำให้ใบมีสีอื่นมากกว่าสีเขียว

ประเภท
ของใบ

บนก้านใบหนึ่งก้าน ถ้ามีแผ่นใบติดอยู่เพียงใบเดียวเรียกว่า ใบเดี่ยว (simple leaf) โดยแผ่นใบจะมีลักษณะต่างกัน

บนก้านใบหนึ่งก้านถ้ามีแผ่นใบหลายแผ่นหรือใบย่อย (leaflet) ติดอยู่เรียกว่า ใบประกอบ (compound leaf) เช่น มะขาม มะพร้าว หนวดปลาหมึก



- ในการสังเกตว่าโครงสร้างที่เห็นคือใบที่ติดอยู่บนกิ่ง หรือเป็นใบย่อยของใบประกอบ อาจใช้หลักง่ายๆ โดยดูจากตาตามซอกของใบ ใบประกอบนั้นที่ซอกของใบย่อยจะไม่มีตาตามซอกของใบเกิดขึ้น ใบประกอบที่เจริญเต็มที่แล้วจะประกอบด้วยแผ่นใบย่อยที่มีลักษณะความอ่อนแก่ที่สม่ำเสมอทั่วทั้งใบ



- แผ่นใบมีขนาด ความหนาบาง และลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน ตรงกลางแผ่นใบจะมีเส้นกลางใบ (midrib) เชื่อมต่อกับปลายของก้านใบตลอดความยาวของแผ่นใบ เส้นกลางใบมีขนาดใหญ่ที่สุด และจะมีเส้นใบ (vein) และเส้นใบย่อย (veinlet) ที่มีขนาดเล็กลดหลั่นกันไปเป็นส่วนประกอบโครงสร้างของแผ่นใบ

- **พืชใบเลี้ยงคู่** จะมีเส้นใบแยกออกมาจากเส้นกลางใบทั้งสองด้านคล้ายขนนก เส้นใบย่อยที่แยกออกไปสานกันแบบร่างแห

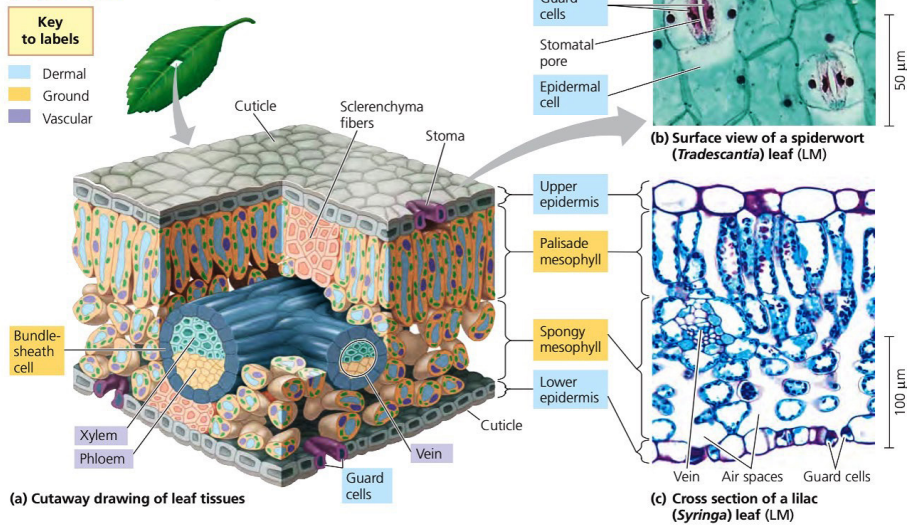
- **พืชใบเลี้ยงเดี่ยว** จะมีเส้นใบแยกออกมาจากเส้นกลางใบทั้งสองด้านในลักษณะที่เรียงขนานกัน เช่น กล้าย หรือเส้นใบแยกออกจากโคนใบในลักษณะที่เรียงขนานกับเส้นกลางใบ เช่น อ้อย ข้าวโพด โดยเส้นใบย่อยทุกระดับเรียงขนานกันเสมอ

➤ โครงสร้างภายในของใบ

โครงสร้าง	ลักษณะ
1. เอพิเดอร์มิส	- อยู่ชั้นนอกสุด ประกอบด้วย เซลล์ผิว เซลล์คุม และอาจมีขน - ใบจะมีเอพิเดอร์มิสทั้งด้านบนและด้านล่าง - โดยทั่วไปพบปากใบที่ผิวใบด้านล่างมากกว่าด้านบน - พืชบางชนิดมีจำนวนปากใบทั้งด้านบนและด้านล่างใกล้เคียงกัน เช่น ข้าวโพด - พืชที่ใบลอยปริ่มน้ำ เช่น บัวสาย จะมีปากใบอยู่เฉพาะทางด้านบนของใบเท่านั้น - พืชที่จมอยู่ใต้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก จะไม่มีปากใบ
2. มีโซฟิลล์ (mesophyll)	- อยู่ระหว่างชั้นเอพิเดอร์มิสทั้งสองด้าน ประกอบด้วยเซลล์พาราคีมาที่มีคลอโรพลาสต์อยู่เป็นจำนวนมาก จึงมีหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง โดยทั่วไปพบเซลล์ที่มีรูปร่างแตกต่างกัน แบ่งเป็น 2 แบบ คือ 2.1 แพลลิสเมตมีโซฟิลล์ (palisade mesophyll) 2.2 สปันจีมีโซฟิลล์ (spongy mesophyll)
3. กลุ่มท่อลำเลียง	- อยู่ตรงบริเวณที่เป็นเส้นกลางใบ เส้นใบ และเส้นใบย่อยจึงมีขนาดใหญ่เล็กแตกต่างกัน ประกอบด้วยไซเล็มและโฟลเอ็ม - พืชบางชนิดกลุ่มท่อลำเลียงจะล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้มเรียกว่า บันเดิลชีท (bundle sheath) เช่น ข้าวโพด กลุ่มท่อลำเลียงส่วนใหญ่มักพบแทรกอยู่ในชั้นสปันจีมีโซฟิลล์



▼ Figure 35.18 Leaf anatomy.



ภาพแสดงโครงสร้างของใบพืช

ที่มา ; Reece et al. (2011)



➤ หน้าที่ของใบ

- ใบมีหน้าที่สำคัญ คือ สร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คายน้ำ และแลกเปลี่ยนแก๊ส
- พืชบางชนิดอาจมีใบที่มีหน้าที่พิเศษต่างไปจากปกติ เช่น

หน้าที่พิเศษของใบ	ตัวอย่างพืช
ใบเป็นมือเกาะ หรือเลื้อยพัน	ถั่วลิ้นเต่า พวงแก้วกุดั่น
ใบดักจับสัตว์เล็กๆ	หม้อข้าวหม้อแกงลิง กาบหอยแครง
ใบเป็นท่อนลอย	ผักตบชวา
ใบสะสมอาหารหรือน้ำ	กระเทียม หอมหัวใหญ่ ว่านหางจระเข้
ใบขยายพันธุ์	คว่ำตายหงายเป็น โคมญี่ปุ่น
ใบใช้ล่อแมลงให้มาผสมพันธุ์ (ใบประดับ)	เฟื่องฟ้า หน้าวัว คริสต์มาส



11.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

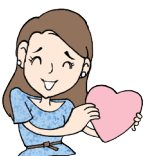
➤ ในการสร้างอาหาร พืชต้องการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รากพืชดูดน้ำจากดินแล้วลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ทางไซเล็ม ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้นพืชจะได้จากกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะแพร่ผ่านเข้าไปในพืชทางรูปากใบ



ดังนั้น การเปิดหรือปิดของปากใบจึงมีบทบาทสำคัญต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สของพืช

➤ การคายน้ำ (transpiration) เป็นการที่พืชเสียน้ำออกสู่บรรยากาศภายนอกในรูปของไอน้ำผ่านทางรูปากใบ กลไกนี้ทำให้เกิดแรงดึงจากการคายน้ำ (transpiration pull) ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้เกิดการลำเลียงน้ำภายในไซเล็ม

➤ พืชอาจคายน้ำออกทางช่องอากาศหรือเลนทิเซล (lenticel) ซึ่งเป็นรอยแตกที่เปลือกของลำต้นพืชที่มีการเติบโตทุติยภูมิและมีพืชบางชนิดเท่านั้นที่พบเลนทิเซล ส่วนใหญ่พืชสูญเสียน้ำทางปากใบประมาณร้อยละ 90





➤ ปัจจัยที่มีผลต่อการปิดเปิดของปากใบและการคายน้ำของพืช

- 1) อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลง น้ำจะระเหยออกจากปากใบมากขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงมากเกินไป รูปากใบจะปิด เพราะพืชป้องกันการสูญเสียน้ำ
- 2) ความชื้น ถ้าความชื้นในอากาศลดลง น้ำระเหยออกทางรูปากใบมากขึ้น เกิดการคายน้ำเพิ่มมากขึ้น
- 3) กระแสลม กระแสลมที่พัดผ่านใบจะทำให้ความกดอากาศที่บริเวณผิวใบลดลง น้ำบริเวณรูปากใบจะระเหยออกสู่อากาศได้มากขึ้น
- 4) สภาพน้ำในดิน การเปิดปิดของรูปากใบมีความสัมพันธ์กับสภาพของน้ำในดินมากกว่าสภาพของน้ำในใบพืช เมื่อดินมีน้ำน้อยลง และพืชขาดน้ำ พืชจะสังเคราะห์กรดแอบไซซิก (abscisic acid ; ABA) มีผลทำให้รูปากใบปิด การคายน้ำจึงลดลง
- 5) ความเข้มของแสง เมื่อความเข้มของแสงสูงขึ้น รูปากใบจะเปิดมากขึ้น และเมื่อความเข้มของแสงลดลง รูปากใบจะเปิดน้อยลง ดังนั้นเมื่อความเข้มของแสงมากขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการคายน้ำในใบได้มากขึ้น
- 6) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยทั่วไปเมื่อพืชอยู่ในที่ที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากกว่าปกติจะทำให้รูปากใบเปิดได้แคบลง โดยทั่วไปรูปากใบพืชจะเปิดในเวลากลางวัน นำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง และปิดในเวลากลางคืน แต่พืชชอบน้ำ เช่น กระบองเพชร ซึ่งเจริญในที่แห้งแล้งพบว่ารูปากใบจะเปิดในเวลากลางคืน และปิดในเวลากลางวันเพื่อลดการสูญเสียน้ำ





11.4 การลำเลียงน้ำของพืช

⇒ การลำเลียงน้ำระหว่างเซลล์ในรากอาจเกิดได้ 2 แบบ ดังนี้

1) แบบอโพลาสต์ (apoplast)	เป็นการลำเลียงน้ำแทรกไปตามช่องว่างระหว่างผนังเซลล์
2) แบบซิมพลาสต์ (symplast)	เป็นการลำเลียงน้ำผ่านทางพลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata) จากเซลล์หนึ่งสู่เซลล์หนึ่ง และเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของสองเซลล์ที่ติดกันได้

NOTE ;

Apo : แทรก Sym : ทะลุ

โมเลกุลน้ำที่ลำเลียงแบบอโพลาสต์ผ่านเซลล์ขนรากและเซลล์ต่างๆ ในชั้นคอร์เทกซ์



จนเมื่อมาถึงเอนโดเดอร์มิส น้ำไม่สามารถลำเลียงไปตามผนังเซลล์ด้านที่มีแถบแคสพาเรียนได้



น้ำจึงถูกลำเลียงเข้าไปในเซลล์แบบซิมพลาสต์ผ่านทางผนังด้านที่ไม่มีแถบแคสพาเรียน
เข้าสู่เซลล์ชั้นในจนถึงเซลล์ของไซเล็ม



เมื่อพืชลำเลียงน้ำเข้าสู่ไซเล็มของรากแล้ว พืชจะอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำเพื่อลำเลียงน้ำขึ้นสู่ด้านบน

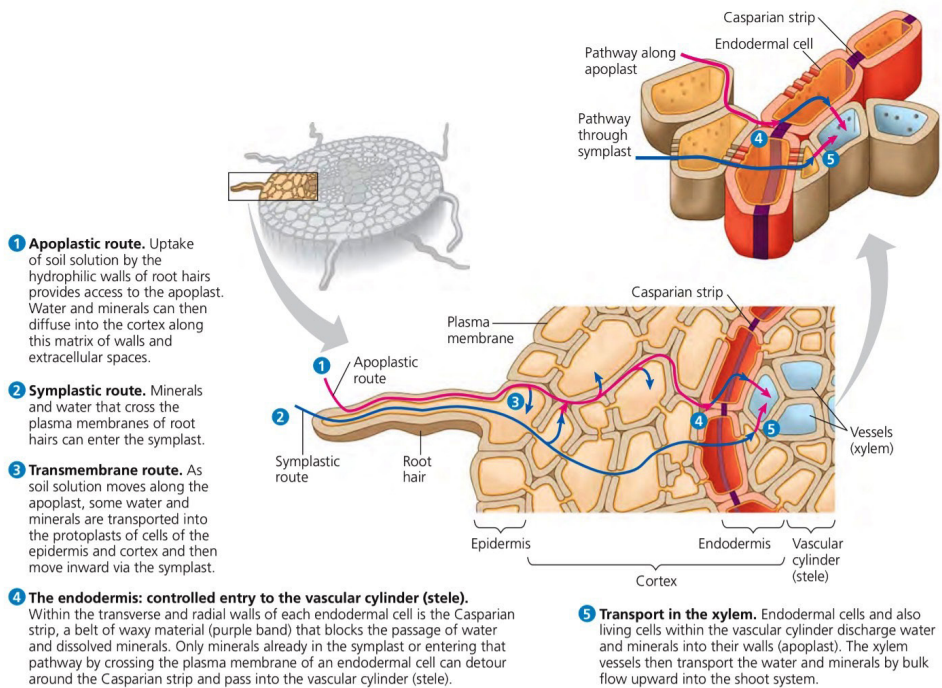


การลำเลียงน้ำในไซเล็มจะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อน้ำในไซเล็มต่อกันเป็นสายไม่ขาดตอน



ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้ำด้วยกันเองเรียกว่า แรงโคฮีชัน (cohesion)
และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำกับผนังเซลล์ของท่อไซเล็มเรียกว่า แรงแอดฮีชัน (adhesion)





ภาพแสดงการลำเลียงน้ำระหว่างเซลล์

ที่มา ; Reece et al. (2011)



การลำเลียงน้ำในพืช

- หากแรงดึงจากการคายน้ำมีค่ามากกว่าแรงโคฮีชัน ทำให้สายน้ำไม่ต่อเนื่อง เกิดฟองอากาศขึ้นซึ่งจะขัดขวางการลำเลียงน้ำ
- เมื่อพืชหยุดการคายน้ำ เช่น ในเวลากลางคืน ปากใบปิดและน้ำในดินมีมากเพียงพอ น้ำจะยังคงเคลื่อนที่เข้าสู่ไซเล็มในรากได้ ทำให้เกิดแรงดันของมวลน้ำภายในรากเรียกว่า แรงดันราก (root pressure) ซึ่งจะดันน้ำขึ้นไปปิบฟองอากาศที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงจากการคายน้ำหายไป
- ในสภาวะที่พืชไม่มีการคายน้ำ เช่น ปากใบปิดในเวลากลางคืน หรือในสภาวะที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากพืชบางชนิดเกิดปรากฏการณ์กัตเตชัน (guttation) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่มีน้ำลักษณะเป็นหยดน้ำผ่านออกมาทางรูไฮดาโทด (hydathode)



11.5 การลำเลียงสารของพืช

⇒ กระบวนการลำเลียงสารอาหารในรากมี 2 วิธี คือ...

การลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน (passive transport)	เป็นการลำเลียงสารอาหารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า
การลำเลียงแบบใช้พลังงาน (active transport)	เป็นการลำเลียงสารอาหารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงกว่าโดยอาศัยพลังงาน

⇒ ธาตุอาหารที่เป็นโครงสร้างพืช ประกอบด้วย...

1) องค์ประกอบหลัก 96%	ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน		
2) สารอาหาร 4%	2.1 สารอาหารหลัก 3.5 % ได้แก่		
	- ไนโตรเจน	- โพแทสเซียม	- แคลเซียม
	- ฟอสฟอรัส	- แมกนีเซียม	- กำมะถัน
	2.2 สารอาหารรอง 0.5% ได้แก่		
	- คลอรีน	- เหล็ก	- โบรอน
	- สังกะสี	- แมงกานีส	- ทองแดง
	- โมลิบดีนัม		

➤ ธาตุอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

ดังนี้

- 1) ธาตุจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช มีความจำเพาะ ถ้าขาดธาตุพืชจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้
- 2) ความต้องการชนิดของธาตุในการเจริญเติบโตของพืชมีความจำเพาะ จะใช้ธาตุอื่นทดแทนไม่ได้
- 3) ธาตุจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมและการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง



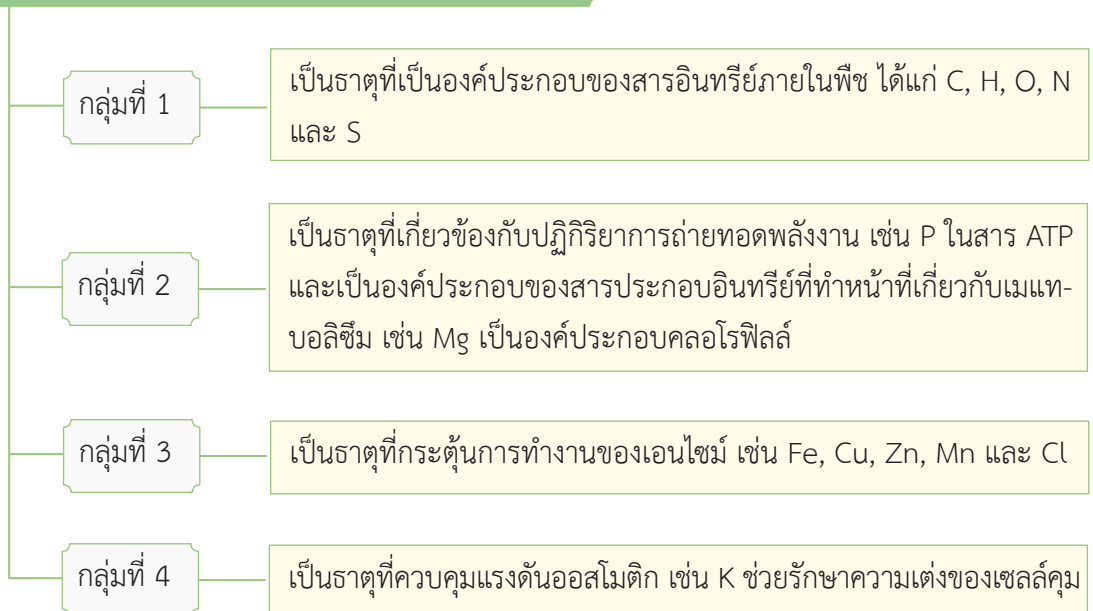
➤ ธาตุอาหารที่พืชต้องการ

แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1) สารอาหารหลัก (macronutrients)	- เป็นสารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก - ประกอบด้วยธาตุ 6 ชนิด ได้แก่ N P K Ca Mg และ S
2) สารอาหารรอง (micronutrients)	- เป็นสารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย - ประกอบด้วยธาตุ 7 ชนิด ได้แก่ B Fe Cu Zn Mn Mo และ Cl

➤ หน้าที่ของธาตุต่างๆ ทางสรีรวิทยาและชีวเคมี

สามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้





➤ หน้าที่ของธาตุบางชนิดและอาการตอบสนองหรืออาการที่พืชแสดงออก

ธาตุ	ขาดธาตุ
ไนโตรเจน	ถ้าใบมีสีเหลืองทั้งใบ จะเริ่มเหลืองที่ใบแก่ก่อน ลำต้นแคระแกร็น
โพแทสเซียม	ใบเหลือง ขอบใบและปลายใบไหม้ เนื้อเยื่อใบตายเป็นจุดๆ โดยเกิดที่ใบแก่ก่อน
ฟอสฟอรัส	การเจริญเติบโตชะงัก ใบแก่มีสีเขียวเข้ม ก้านใบหรือใบอาจมีสีแดงหรือสีม่วง
แคลเซียม	เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและปลายรากตาย ใบอ่อนหงิกงอ ปลายใบ ขอบใบเหี่ยว
แมกนีเซียม	ใบมีสีเหลืองบริเวณระหว่างเส้นใบ เกิดที่ใบแก่ก่อน เกิดจุดสีแดงบนใบ ปลายและขอบใบม้วนเป็นรูปถ้วย
กำมะถัน	ใบเหลืองทั้งใบ โดยเกิดที่ใบอ่อนก่อน หรือเกิดใบเหลืองทั้งต้น
เหล็ก	ใบเหลืองระหว่างเส้นใบแต่เส้นใบมีสีเขียว เกิดที่ใบอ่อนก่อน ถ้าขาดอย่างรุนแรงใบอ่อนซีดขาวและแห้งตาย

11.6 การลำเลียงอาหารของพืช

11.6.1 การเคลื่อนย้ายอาหารในพืช

การศึกษาการเคลื่อนย้ายอาหารในพืช

➤ พ.ศ. 2229

มาร์เซลโล มัลพิจิ

(Marcello Malpighi)

ได้ค้นพบเลืกรอบลำต้นโดยให้รอยควั่นห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร เมื่อปล่อยให้พืชเจริญระยะหนึ่งพบว่าเปลือกของลำต้นเหนือรอยควั่นจะพองออก

➤ พ.ศ. 2471

ที จี เมสัน (T.G. Mason)

อี เจ มัสเคล (E.J. Maskell)

ได้ศึกษาการทดลองของมัลพิจิ พบว่าการควั่นเปลือกของลำต้นไม่มีผลต่อการคายน้ำของพืช เนื่องจากไซเลมยังสามารถลำเลียงน้ำได้ ส่วนเปลือกของลำต้นที่อยู่เหนือรอยควั่นพองออก เนื่องจากมีสารละลายน้ำตาลที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านมายังด้านล่างของลำต้นได้