

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

5

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.เอียร์ วีระวรวงศ์
ดร.ชลินันท์ เฟื่องสุข
นายเอกรัฐ วงศ์สวัสดิ์

ผู้ตรวจ

ดร.นำชัย ชีววิวรรณ
ผศ. ดร.ปวิญ อุ่ใจ
ผศ. ดร.ศศิวิมล แสงวงผล
ผศ. ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ
ดร.พรรัมภา กาญจนสิงห์

บรรณาธิการ

รศ. ดร.ฤทธิ์ วัฒนชัยยิ่งเจริญ
นางสาววราภรณ์ นีระพันธ์

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ปีที่พิมพ์ 2567

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวนพิมพ์ 20,000 เล่ม

ISBN : 978-616-606-072-0

รหัสสินค้า 3518013

A+ อักษร

www.aksorn.com

จัดพิมพ์และจำหน่ายทั่วประเทศโดย

บริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจก. จำกัด

142 ถนนตะนาว เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200

โทร. 0 2622 2999 (อัตโนมัติ 20 คู่สาย)

แฟกซ์: บริษัท ไทยรับเกล้า จำกัด โทร. 0 2903 9101-6



คำแนะนำในการใช้สื่อ



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 จัดทำขึ้นสำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยดำเนินการจัดทำให้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้

Big Question

คำถามกระตุ้นการ เรียนรู้
ก่อนเข้าสู่เนื้อหา
เพื่อให้เกิด
กระบวนการ
สืบเสาะหาความรู้

กิจกรรม

โครงสร้างภายในของปาล์มดอก

1. ศึกษาโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา
3. อธิบายความแตกต่างของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา

สรุป

1. โครงสร้างภายในของปาล์มดอก

1. ศึกษารายละเอียดของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา
3. อธิบายความแตกต่างของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา

สรุป

1. โครงสร้างภายในของปาล์มดอก

1. ศึกษารายละเอียดของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา
3. อธิบายความแตกต่างของโครงสร้างภายในของปาล์มดอกที่เตรียมมา

Check for Understanding

คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน
ก่อนเข้าสู่การเรียนการสอน

Prior Knowledge

เนื้อเยื่อพืช

เนื้อเยื่อพืช (plant tissue) เป็นกลุ่มเซลล์หรือจำนวนเซลล์ที่มีลักษณะคล้ายกันอยู่รวมกันแล้วทำหน้าที่เดียวกัน ในการจำแนกเนื้อเยื่อพืชมีลักษณะคล้ายกัน เช่น รูปร่าง โครงสร้าง ตำแหน่ง หน้าที่ แต่ส่วนมากจะใช้ความสามารถในการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนของเนื้อเยื่อเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อเยื่อพืชออกเป็น 2 ชนิด คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อตาย

1.1 เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

เนื้อเยื่อเจริญประกอบด้วยเซลล์เจริญ (meristematic cell) ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีผนังเซลล์บางและมีการแบ่งเซลล์บ่อยครั้ง มีลักษณะเป็นรูปเหลี่ยมหรือรูปทรงกลม และมีการแบ่งเซลล์แบบไม่ทิศทางเดียว (anisotropic) เนื้อเยื่อเจริญจึงเป็นเนื้อเยื่อที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างไม่สิ้นสุดตลอดในช่วงที่พืชยังมีชีวิตอยู่ ด้วยเหตุนี้จึงสังเกตเห็นที่ด้านและรากของพืชยาว หรือแม้กระทั่งลำต้นที่ยาวขึ้นเรื่อยๆ หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น

Biology Focus

เนื้อเยื่อพืช

เนื้อเยื่อพืช (plant tissue) เป็นกลุ่มเซลล์หรือจำนวนเซลล์ที่มีลักษณะคล้ายกันอยู่รวมกันแล้วทำหน้าที่เดียวกัน ในการจำแนกเนื้อเยื่อพืชมีลักษณะคล้ายกัน เช่น รูปร่าง โครงสร้าง ตำแหน่ง หน้าที่ แต่ส่วนมากจะใช้ความสามารถในการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนของเนื้อเยื่อเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อเยื่อพืชออกเป็น 2 ชนิด คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อตาย

1.1 เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

เนื้อเยื่อเจริญประกอบด้วยเซลล์เจริญ (meristematic cell) ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีผนังเซลล์บางและมีการแบ่งเซลล์บ่อยครั้ง มีลักษณะเป็นรูปเหลี่ยมหรือรูปทรงกลม และมีการแบ่งเซลล์แบบไม่ทิศทางเดียว (anisotropic) เนื้อเยื่อเจริญจึงเป็นเนื้อเยื่อที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างไม่สิ้นสุดตลอดในช่วงที่พืชยังมีชีวิตอยู่ ด้วยเหตุนี้จึงสังเกตเห็นที่ด้านและรากของพืชยาว หรือแม้กระทั่งลำต้นที่ยาวขึ้นเรื่อยๆ หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น

Prior Knowledge

คำถามทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน
เพื่อเชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่



H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนา
การคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์
คิดอย่างมีวิจารณญาณ

Topic Questions

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ
ของผู้เรียนระหว่างเรียน

Biology Focus

ความรู้เสริมจากเนื้อหา
เพื่อขยายความรู้ของผู้เรียน

Biology in Real Life

เชื่อมโยงความรู้ทางชีววิทยา
สู่ชีวิตประจำวัน



QR Code
ใช้สมาร์ทโฟนเพื่อสแกน
เพื่อดูสื่อดิจิทัลเพิ่มเติม



เชื่อมโยงสู่แบบฝึกหัด
เพื่อให้ผู้เรียนฝึกฝน
จนเกิดความเชี่ยวชาญ

กิจกรรม

กิจกรรมให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างทักษะ
ทางวิทยาศาสตร์

Summary

สรุปเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียน
ได้ทบทวนสาระสำคัญ
ประจำหน่วยการเรียนรู้

Safety first

ข้อควรระวัง
ในการทำทดลอง

Unit questions

แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้
เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน

แนวข้อสอบ A-Level

แนวข้อสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อ
ในระดับอุดมศึกษา

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

กิจกรรมที่เน้น
ให้ผู้เรียนได้
ลงมือปฏิบัติจริง
เพื่อให้เกิด
การเรียนรู้ และ
สร้างองค์ความรู้
ด้วยตนเอง



ชีววิทยา เล่ม 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง

ศึกษาเกี่ยวกับการดำรงชีวิตของพืช โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะของพืชดอก เนื้อเยื่อพืช อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช โครงสร้างและหน้าที่ของราก ลำต้น และใบ การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช การลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร และการลำเลียงอาหารของพืช ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และพืช CAM ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ศึกษาการสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต วัฏจักรชีวิตของพืชดอก การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก การสร้างสปอร์และเซลล์สืบพันธุ์ การปฏิสนธิ โครงสร้างของผลและเมล็ดการงอกของเมล็ด ศึกษาการตอบสนองของพืช การตอบสนองของพืชต่อสารเคมี และการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง การอภิปราย การอธิบาย และการสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยม



ผลการเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช และเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช
2. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
3. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
4. สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง
5. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช
6. สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช

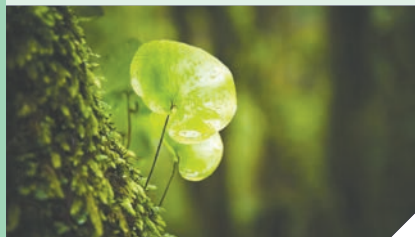
7. สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหาร และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
8. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช
9. สืบค้นข้อมูล และสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
10. อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3
11. เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และ พืช CAM
12. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
13. อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก
14. อธิบาย และเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก และอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก
15. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ดและผล
16. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด
17. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร
18. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

รวม 18 ผลการเรียนรู้



สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1



โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

2-59

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2



การสังเคราะห์ด้วยแสง

60-119

เนื้อเยื่อพืช

- เนื้อเยื่อเจริญ 3
- เนื้อเยื่อถาวร 5

อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช

- โครงสร้างและหน้าที่ของราก 11
- โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น 21
- โครงสร้างและหน้าที่ของใบ 30

การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

37

การลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช

43

การลำเลียงอาหารของพืช

47

- การทดลองเกี่ยวกับผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 47
- กลไกการลำเลียงอาหารของพืช 50

Unit questions 1

55

แนวข้อสอบ A-Level

59

การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

61

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

72

- โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ 72
- สารสีในปฏิกิริยาแสง 73
- โครงสร้างของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ 81
- ปฏิกิริยาแสง 81
- การตรึงคาร์บอน 86

กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของ

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4

93

- โครงสร้างของใบพืช C_3 และใบพืช C_4 93
- การตรึงคาร์บอนของพืช C_4 94

กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของ

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM

96

ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

99

- แสงและความเข้มของแสง 99
- ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 104
- อุณหภูมิ 105
- อายุใบ 107
- ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ 107
- ธาตุอาหาร 107

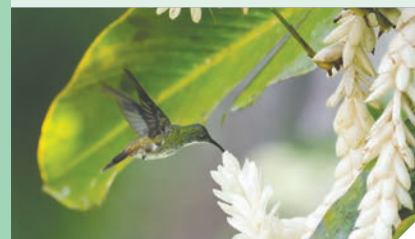
Unit questions 2

114

แนวข้อสอบ A-Level

119

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3



การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต

120-157

วัฏจักรชีวิตของพืชดอก

121

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก

123

- โครงสร้างและประเภทของดอก 123
- การสร้างสปอร์และเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก 129
- การถ่ายเรณู 132
- การปฏิสนธิของพืชดอก 133
- โครงสร้างของผลและเมล็ด 134
- การงอกของเมล็ด 140

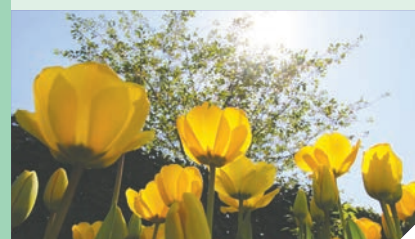
Unit questions 3

155

แนวข้อสอบ A-Level

157

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4



การตอบสนองของพืช

158-184

การตอบสนองของพืชต่อสารเคมี

159

- ออกซิน 164
- ไซโทไคนิน 166
- จิบเบอเรลลิน 167
- เอทิลีน 169
- กรดแอบไซซิก 169

การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม

173

- การเคลื่อนไหวของพืชที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก 174
- การเคลื่อนไหวของพืชที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายใน 180

Unit questions 4

183

แนวข้อสอบ A-Level

184

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

185

บรรณานุกรม

186





อวัยวะของพืช
ทำหน้าที่สัมพันธ์กัน
อย่างไร

1

หน่วยการเรียนรู้ที่

โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

พืชดอกประกอบด้วยอวัยวะต่างๆ ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก และผลที่มีส่วนประกอบและหน้าที่แตกต่างกัน การทำงานของอวัยวะพืชมีความสัมพันธ์กันทำให้พืชดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยอวัยวะเหล่านี้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลายชนิดที่จำเพาะต่อการทำหน้าที่ในพืชแต่ละชนิด อวัยวะเหล่านี้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร นักเรียนจะได้ศึกษารายละเอียดจากบทเรียนนี้

Check for Understanding

พิจารณาข้อความตามความเข้าใจของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุดบันทึก

ถูก/ผิด

- เนื้อเยื่อพืช คือ กลุ่มเซลล์ที่มีหน้าที่แตกต่างกันมาอยู่รวมกัน
- รากพืชดูดซึมธาตุอาหาร โดยใช้กระบวนการเดียวกันนี้
- การคายน้ำของพืชเกิดขึ้นที่ปากใบเท่านั้น
- ทิศทางการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช คือ ลำเลียงจากรากไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช
- พืชอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำเข้ามาช่วยลำเลียงอาหารจากรากไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช

บันทึกลงในสมุด

Prior Knowledge



1 เนื้อเยื่อพืช

เนื้อเยื่อพืชแตกต่างจากเนื้อเยื่อสัตว์อย่างไร

พืชดอกดำรงชีวิตอยู่ได้จากการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก และผล โดยอวัยวะแต่ละส่วนมีส่วนประกอบและหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งอวัยวะเหล่านี้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลายชนิดที่จำเพาะต่อโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะนั้น ๆ

เนื้อเยื่อพืช (plant tissue) เป็นกลุ่มเซลล์ของพืชจำนวนมากที่มีลักษณะคล้ายกันมาอยู่รวมกันแล้วทำหน้าที่เดียวกัน ในการจำแนกเนื้อเยื่อของพืชมีหลักเกณฑ์มากมาย เช่น รูปร่าง โครงสร้าง ตำแหน่ง หน้าที่ แต่ส่วนมากจะใช้ความสามารถในการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนของเนื้อเยื่อเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อเยื่อพืชออกเป็น 2 ชนิด คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร

1.1 เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

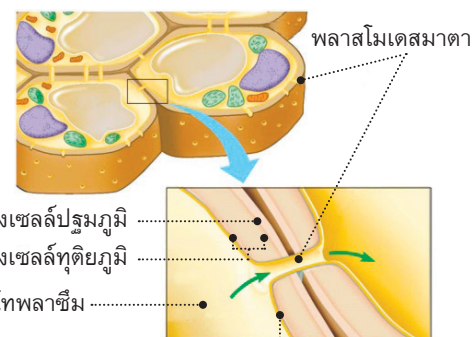
เนื้อเยื่อเจริญประกอบด้วยเซลล์เจริญ (meristematic cell) ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีผนังเซลล์ปฐมภูมิบางสม่ำเสมอ มักมีนิวเคลียสขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดของเซลล์ และสามารถคงคุณสมบัติของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเอาไว้ได้ตลอดชีวิต เนื้อเยื่อเจริญจึงเป็นเนื้อเยื่อที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างไม่สิ้นสุดตลอดในช่วงที่พืชยังคงมีชีวิตอยู่ ด้วยเหตุนี้จึงสังเกตเห็นลำต้นและรากของพืชที่ยืดยาว หรือแผ่กิ่งก้านสาขาออกไปเรื่อย ๆ หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มมากขึ้น



Biology Focus

ผนังเซลล์ของพืช

เซลล์พืชทุกชนิดมีผนังเซลล์ที่เรียกว่า ผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary cell wall) เป็นผนังเซลล์ชั้นแรกที่อยู่ด้านนอกสุดของเซลล์ มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งถูกยึดไว้ด้วยมิดเดิล



ผนังเซลล์ปฐมภูมิ
ผนังเซลล์ทุติยภูมิ
ไซโทพลาซึม

เยื่อหุ้มเซลล์

ภาพที่ 1.1 ส่วนประกอบของผนังเซลล์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

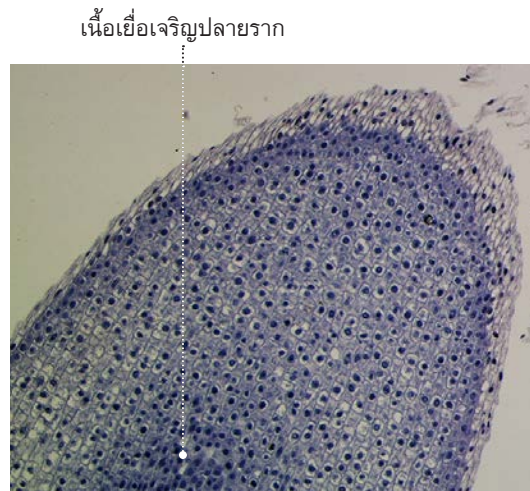
ลามেলা (middle lamella) เซลล์บางชนิดของพืชจะมีผนังเซลล์ทุติยภูมิ (secondary cell wall) เป็นผนังชั้นในสุดที่มีเซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) เป็นองค์ประกอบทำให้ผนังเซลล์ของพืชแข็งแรง นอกจากนี้ผนังเซลล์ของพืชจะมีช่องว่างเรียกว่า พลาสโมเดสมตา (plasmodesmata) เชื่อมต่อกันระหว่างเซลล์ ทำให้สามารถส่งสารเคมีน้ำ และธาตุอาหารระหว่างกันได้

หากแบ่งเนื้อเยื่อเจริญตามตำแหน่งที่อยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช จะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง

1. เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem) ถ้าพบตามปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้านจะเรียกเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด (shoot apical meristem) เมื่อแบ่งเซลล์จะทำให้ลำต้นหรือกิ่งก้านยืดยาวออกและเกิดการสร้างใบ แต่ถ้าพบที่ส่วนปลายของรากจะเรียกเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายราก (root apical meristem) เมื่อแบ่งเซลล์จะทำให้รากยาวขึ้น โดยการเจริญเติบโตที่ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมีความสูงหรือความยาวเพิ่มมากขึ้น เรียกการเจริญลักษณะเช่นนี้ว่า การเติบโตปฐมภูมิ (primary growth)

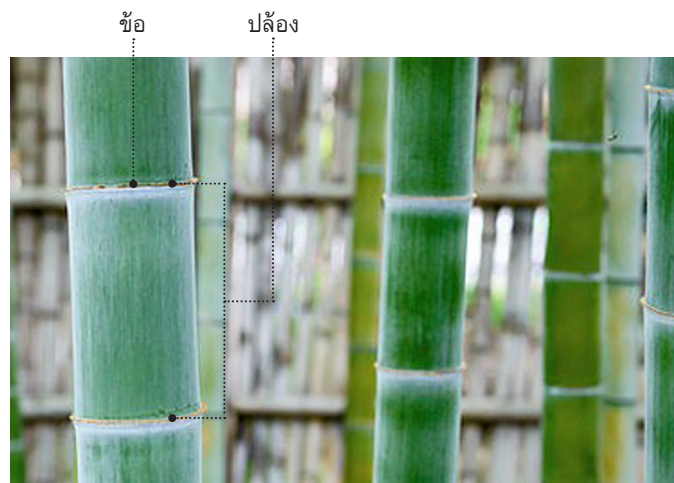


▲ ภาพที่ 1.2 เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.3 เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายราก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ (intercalary meristem) พบอยู่ระหว่างข้อ (node) ตรงบริเวณเหนือปล้อง (internode) บริเวณเหนือโคนของปล้องบน ทำให้บริเวณดังกล่าวยืดยาวขึ้น เนื่องจากข้อหรือปล้องบริเวณนี้จะแบ่งเซลล์ได้ยาวนานกว่าบริเวณอื่นในปล้องเดียวกัน ส่วนใหญ่จะพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น กล้วย ข้าว พุด ไม้



▲ ภาพที่ 1.4 เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อของไม้
ที่มา : คลังภาพ อจท.

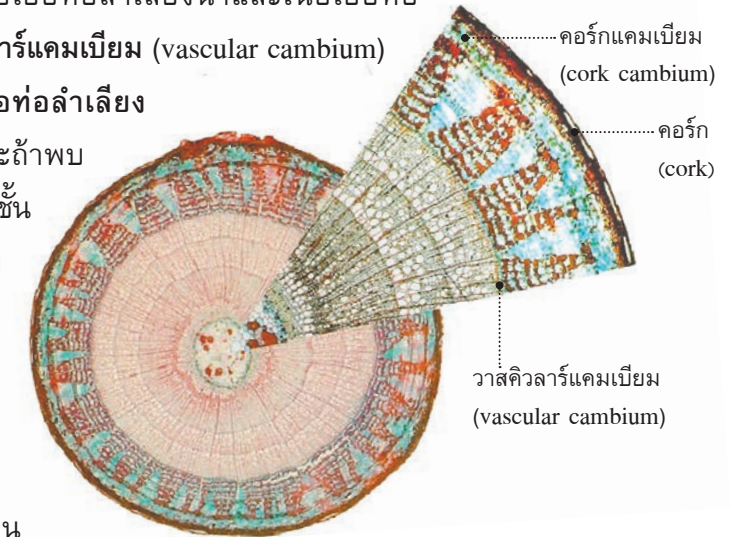
3. เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristematic) เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ในแนวนานกับเส้นรอบวง ส่วนใหญ่พบในพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น ต้นมะม่วง ถั่ว พริก และพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น หมากรุกเหมากรู เหมากรูต้น สรรพยาณ เนื้อเยื่อชนิดนี้จะแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนออกทางด้านข้าง เรียกว่า **แคมเบียม (cambium)** ทำให้ลำต้นและรากมีขนาดใหญ่ขึ้น หากพบเนื้อเยื่ออยู่ระหว่างเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อท่อ

ลำเลียงอาหารจะเรียกว่า **วาสคิวลาร์แคมเบียม (vascular cambium)** ซึ่งจะแบ่งเซลล์ทำให้เกิดเนื้อเยื่อท่อลำเลียง

(vascular tissue) เพิ่มขึ้น และถ้าพบเนื้อเยื่ออยู่ในชั้นเอพิเดอร์มิส หรือชั้น

ถัดเข้าไปจะเรียกว่า **คอร์กแคมเบียม (cork cambium)** เมื่อเซลล์เกิดการแบ่งตัวจะทำให้เกิดเนื้อเยื่อคอร์ก (cork) โดยการเจริญเติบโตที่ทำให้ลำต้น หรือรากพืชมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มมากขึ้น เรียกการเจริญลักษณะเช่นนี้ว่า

การเติบโตทุติยภูมิ (secondary growth)



▲ ภาพที่ 1.5 เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง
ที่มา : <http://www.bio.miami.edu/dana/dox/stem.html>

1.2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)

เนื้อเยื่อถาวรเป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่เจริญเต็มที่แล้ว ไม่มีการแบ่งเซลล์ต่อไปอีก ประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่าง ขนาด และหน้าที่ต่างกัน

เนื้อเยื่อถาวรมีหลายชนิด แต่ละชนิดพัฒนาและเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญ โดยเนื้อเยื่อถาวรแบ่งได้เป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบเนื้อเยื่อผิว ระบบเนื้อเยื่อพิน และระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง ซึ่งแต่ละระบบมีรูปร่าง ขนาด และทำหน้าที่ต่างกัน ดังนี้

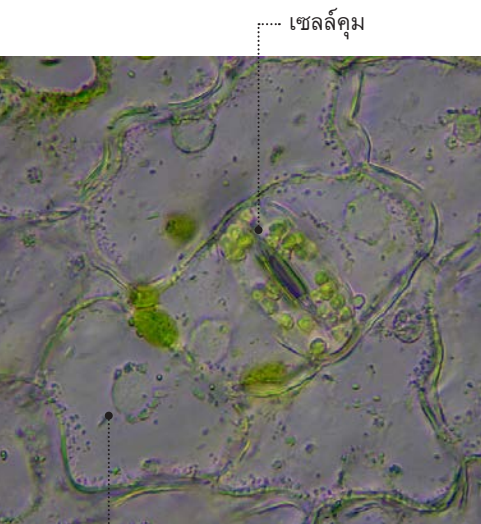
H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

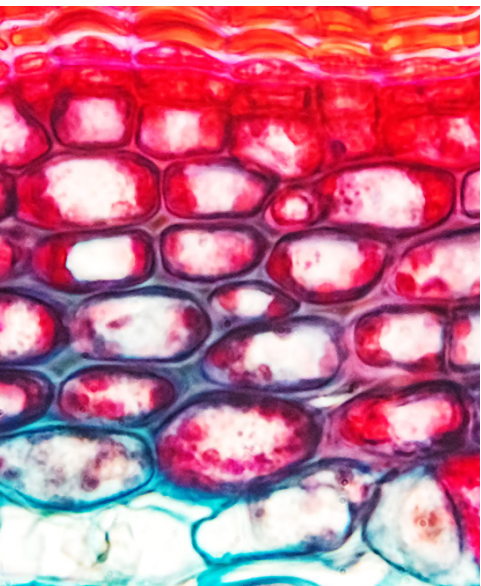
พืชจะมีลักษณะเป็นอย่างไร หากพืชมีเพียงเนื้อเยื่อเจริญ และพืชจะดำรงชีวิตอยู่ได้หรือไม่

โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก





▲ ภาพที่ 1.6 ลักษณะเอพิเดอร์มิสของใบพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.7 เนื้อเยื่อเพริเดอร์ม (สีแดง)
ที่มา : คลังภาพ อจท.

1. ระบบเนื้อเยื่อผิว (dermal tissue system) มีดังนี้

1) เอพิเดอร์มิส (epidermis) เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่รอบนอกสุดของส่วนต่าง ๆ ของพืช ทำหน้าที่ป้องกันเนื้อเยื่ออื่น ๆ ที่อยู่ภายใน เอพิเดอร์มิสของลำต้นและใบประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ผิว (epidermal cell) ที่เรียงตัวกันเพียงชั้นเดียว แต่ในพืชบางชนิดอาจพบเนื้อเยื่อชั้นนี้มากกว่าหนึ่งชั้น เซลล์ผิวมีรูปร่างที่แตกต่างกันหลายแบบ ภายในเซลล์มักไม่พบคลอโรพลาสต์ เซลล์เรียงชิดติดกันไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ เช่น ชั้นเอพิเดอร์มิสของใบพืช ประกอบด้วยเซลล์ผิวที่พบเฉพาะผนังเซลล์ปฐุมภูมิซึ่งผนังเซลล์ด้านนอกมักหนากว่าด้านในและเคลือบด้วยสารคิวทินเพื่อลดการระเหยของน้ำ นอกจากนี้ ยังพบเซลล์คุม (guard cell) ซึ่งมีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วแดงเป็นคู่ประกบกัน ภายในเซลล์คุมมีคลอโรพลาสต์ ส่วนชั้นเอพิเดอร์มิสในรากพืชประกอบด้วยเซลล์ผิวและเซลล์ขนราก (root hair cell) แต่ไม่พบเซลล์คุม

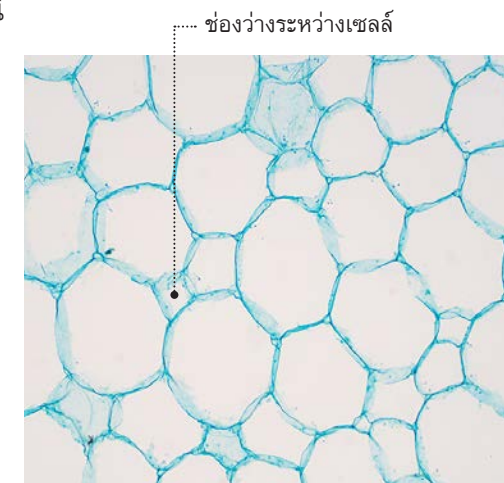
2) เพริเดอร์ม (periderm) เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดจากการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อบริเวณเส้นรอบวงของรากและลำต้น ทำให้อเอพิเดอร์มิสแตกออก เนื้อเยื่อชนิดนี้จึงเข้ามาแทนที่ ส่งผลให้รากและลำต้นขยายขนาดขึ้น พบในพืชที่มีอายุมาก เพริเดอร์มประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ชั้นนอกสุด คือ คอร์กหรือเฟลเลม (phellem) เซลล์กลุ่มนี้สะสมสารซูเบอร์ิน (suberin) เหนือผนังเซลล์เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ เมื่อเซลล์แก่จะตายและมีอากาศเข้ามาแทนที่ ชั้นถัดมา คือ คอร์กแคมเบียมหรือเฟลโลเจน (phellogen) ทำหน้าที่สร้างเนื้อเยื่อเพริเดอร์ม และชั้นถัดมา คือ เฟลโลเดอร์ม (phelloderm) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาอยู่ติดกับชั้นคอร์เทกซ์ (cortex)

2. ระบบเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue system) มีดังนี้

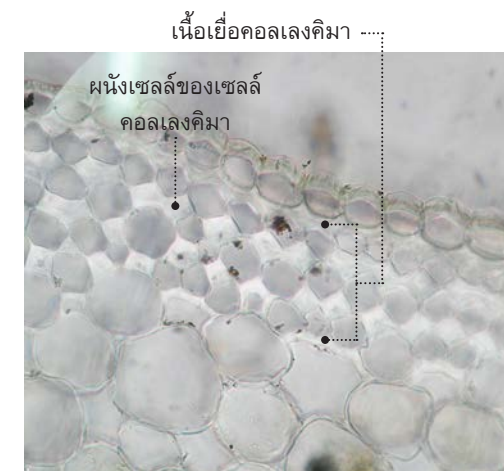
1) พาเรงคิมา (parenchyma) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีชีวิต ภายในมีแวคิวโอลขนาดใหญ่ โดยทั่วไปพบเฉพาะผนังเซลล์ปฐุมภูมิและมีความหนาบางสม่ำเสมอทั้งเซลล์ เซลล์มีรูปร่างแตกต่างกันไป เช่น ค่อนข้างกลม ทรงกระบอกหรือรี แต่ส่วนใหญ่มีรูปร่างค่อนข้างกลม การเรียงตัวของเซลล์จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) อยู่เสมอ เซลล์พาเรงคิมาที่พบในบริเวณแตกต่างกัน อาจมีส่วนประกอบแตกต่างกัน และมีหน้าที่ได้หลากหลาย เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง สะสมอาหาร หรือสารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช

2) คอลเลงคิมา (collenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่ให้ความแข็งแรงแก่โครงสร้างพืช พบมากบริเวณใต้ชั้นเอพิเดอร์มิสของลำต้น ก้านใบ และแผ่นใบ แต่ไม่พบในราก เกิดจากกลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันเรียกว่า เซลล์คอลเลงคิมา (collenchyma cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีชีวิต

เซลล์คอลเลงคิมา มีลักษณะคล้ายกับเซลล์พาเรงคิมา แต่มีผนังเซลล์ปฐุมภูมิค่อนข้างหนาและมีความหนาบางไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่หนามักอยู่ตามมุมของเซลล์ ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) กับเพกทิน (pectin) นอกจากนี้ยังพบในส่วนของพืชที่ยังอ่อน จึงยืดตัวและทำให้พืชมีการเจริญเติบโต



▲ ภาพที่ 1.8 เนื้อเยื่อพาเรงคิมา
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.9 เนื้อเยื่อคอลเลงคิมา
ที่มา : คลังภาพ อจท.

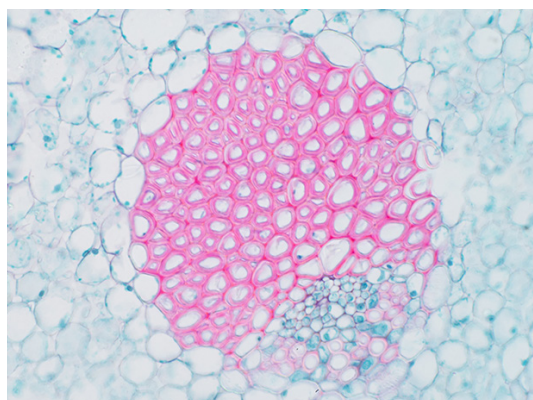


Biology Focus

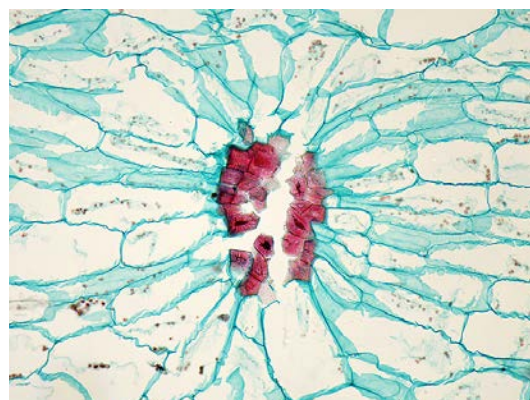
เซลลูโลส

- เซลลูโลส ($C_6H_{10}O_5$)_n เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจากกลูโคสประมาณ 50,000 โมเลกุลมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว แต่ละสายของเซลลูโลสเรียงขนานกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสาย ทำให้มีลักษณะเป็นเส้นใย สะสมไว้ในพืช ซึ่งไม่พบในเซลล์สัตว์ เซลลูโลสไม่ละลายน้ำ อีกทั้งมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ แต่เซลลูโลสช่วยกระตุ้นลำไส้ใหญ่ให้เคลื่อนไหว เพิ่มเนื้ออุจจาระ และกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่หลั่งเมือก (mucous) ออกมา จึงลดโอกาสเป็นโรคริดสีดวงทวาร

3) สเกลอเรนคิมา (sclerenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ช่วยพยุงและให้ความแข็งแรงแก่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์สเกลอเรนคิมา (sclerenchyma cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิต มีทั้งผนังเซลล์ปฐมภูมิและผนังเซลล์ทุติยภูมิที่ค่อนข้างหนา ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) เพกทิน (pectin) และซูเบอริน (suberin) เซลล์สเกลอเรนคิมาจำแนกออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะรูปร่างของเซลล์ ได้แก่ เซลล์เส้นใยหรือไฟเบอร์ (fiber) และสเกลอไรด์ (sclereid) เซลล์ทั้ง 2 ชนิด มักพบในบริเวณหรืออวัยวะของพืชที่ไม่มีการเจริญเติบโตแล้ว เนื่องจากเซลล์ไม่สามารถยืดตัวได้ เช่น ส่วนที่แข็งของเปลือกไม้ เปลือกเมล็ด



▲ ภาพที่ 1.10 ภาพตัดตามขวางเซลล์เส้นใยหรือไฟเบอร์ (สีชมพู)
ที่มา : คลังภาพ อจท.



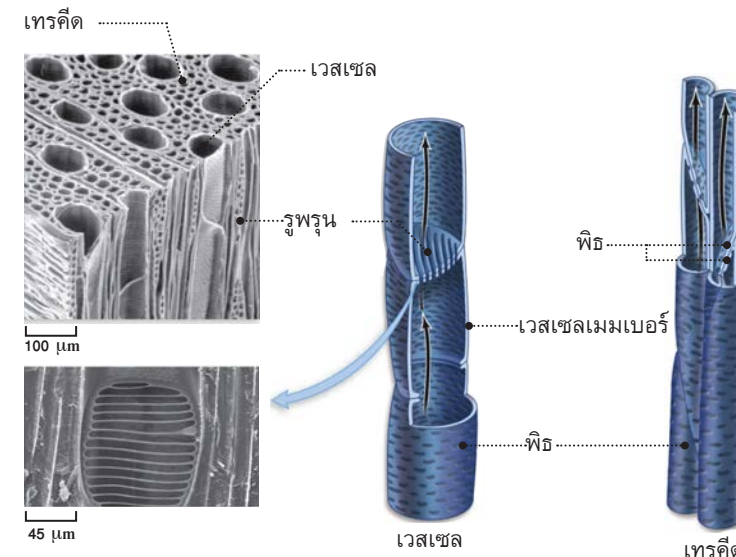
▲ ภาพที่ 1.11 ภาพตัดตามขวางสเกลอไรด์ (สีแดง)
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Biology in Real Life

ในปัจจุบันกระดาดทำมาจากเปลือกไม้ ผ่านกระบวนการผลิตเยื่อให้ได้เส้นใย ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส นอกจากนี้ยังมีลิกนิน ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมเส้นใยให้อยู่ด้วยกัน ในกระบวนการผลิตกระดาษ จำเป็นต้องกำจัดลิกนินออก เพราะหากมีลิกนินหลงเหลืออยู่ในกระดาษ เมื่อกระดาษถูกแสงแล้วจะทำให้กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสง

3. ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue system) มีดังนี้

1) ไซเล็ม (xylem) เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากรากไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ได้แก่ เซลล์พาเรงคิมา เซลล์ไฟเบอร์ เซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำมี 2 ชนิด คือ เทรคีด (tracheid) และเวสเซลเมมเบอร์ (vessel member) เซลล์ทั้ง 2 ชนิด เมื่อเจริญเต็มที่ จะไม่มีชีวิตและมีผนังเซลล์หนา ซึ่งเป็นผนังเซลล์ทุติยภูมิที่มีสารลิกนินมาสะสม ยกเว้นบริเวณไส้ไม้หรือพืธ (pith) ซึ่งเป็นบริเวณผนังเซลล์ที่บาง ส่งผลให้น้ำสามารถไหลผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งได้ ลักษณะของเตรคีดและเวสเซลเมมเบอร์แตกต่างกันโดยเตรคีดเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างยาวเรียวยาวรูปกระสวย ไม่พบช่องทะลุที่หัวท้ายของเซลล์ ส่วนเวสเซลเมมเบอร์มีรูปร่างอ้วนสั้นกว่าเตรคีดรูปกระบอก และมักมีขนาดใหญ่กว่า บริเวณด้านหัวและท้ายของเซลล์มีช่องทะลุถึงกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนหรือเพอร์โฟเรชันเพลต (perforation plate) เมื่อเวสเซลเมมเบอร์หลาย ๆ เซลล์เรียงต่อกันจะมีลักษณะคล้ายท่อน้ำ เรียกว่า เวสเซล (vessel) ทำให้ลำเลียงน้ำได้อย่างต่อเนื่อง



▲ ภาพที่ 1.12 ลักษณะของเตรคีดและเวสเซลเมมเบอร์
ที่มา : <http://intranet.tdmu.edu.ua>

2) ฟลอสเอ็ม (phloem) เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช เซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงอาหาร คือ เซลล์ท่อลำเลียงอาหารหรือซีฟทิวบ์เมมเบอร์ (sieve tube member) เป็นเซลล์ที่มีชีวิต มีรูปร่างของเซลล์เป็นทรงกระบอก เมื่อเจริญเต็มที่ จะไม่มีนิวเคลียสแต่ยังคงมีชีวิตอยู่ มีแวคิวโอลขนาดใหญ่ที่มีอาหารอยู่ภายใน ผนังเซลล์ปฐมภูมิของซีฟทิวบ์เมมเบอร์จะบาง พบรูเล็ก ๆ อยู่เป็นกลุ่มบริเวณผนังด้านหัวท้ายของเซลล์ ทำให้หัวท้ายของเซลล์มีลักษณะเป็นแผ่นตะแกรงหรือซีฟเพลต (sieve plate) หากซีฟทิวบ์เมมเบอร์หลาย ๆ เซลล์เรียงต่อกันเรียกว่า ท่อลำเลียงอาหารหรือซีฟทิวบ์ (sieve tube)

Biology Focus เพกทิน

- เพกทินเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) พบได้ทั่วไปในผนังเซลล์ของพืชที่มีอายุน้อย
- ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเซลล์และยึดเหนี่ยวเซลล์พืชให้เชื่อมติดกันในบริเวณชั้นเมดิเลลลา
- รวมถึงเป็นสารตั้งต้นของเฮนไซม์เพกทิเนส และเป็นส่วนประกอบสำคัญของเนื้อเยื่อพาเรงคิมา

นอกจากเซลล์ที่กล่าวมาแล้ว ยังพบเซลล์คอมพานีเยน (companion cell) ที่ประกบติดกับซีฟทิวบ์เมมเบอร์เสมอ เนื่องจากเซลล์ทั้งสองกำเนิดมาจากเซลล์เจริญเซลล์เดียวกัน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของซีฟทิวบ์เมมเบอร์ และอาจพบเซลล์พาเรงคิมาและเซลล์ไฟเบอร์แทรกตัวอยู่ในเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารได้เช่นเดียวกับเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ



▲ ภาพที่ 1.13 ลักษณะของโพลีเอมิกวาต (ซ้าย) ภาพที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ขวา) ที่มา : campbell, et al. (2015)

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เนื้อเยื่อเจริญแตกต่างกับเนื้อเยื่อถาวรอย่างไร จงยกตัวอย่างเนื้อเยื่อแต่ละชนิด
2. เนื้อเยื่อถาวรชนิดหนึ่ง มีน้ำตาลสะสมอยู่ ผั่นเซลล์มีความหนาบางสม่ำเสมอ คือเนื้อเยื่อชนิดใด
3. เนื้อเยื่อในลำต้นของต้นไผ่กับต้นถั่วมีความเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
4. เนื้อเยื่อไซเล็มและโพลีเอมิกวาตทำหน้าที่อะไร และประกอบด้วยเซลล์อะไรบ้าง
5. เมื่อนำเนื้อเยื่อบริเวณลำต้นมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะทราบได้อย่างไรว่า เนื้อเยื่อบริเวณนี้เป็นเนื้อเยื่อไซเล็มหรือโพลีเอมิกวาต



Prior Knowledge

อวัยวะของพืชทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร

2 อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช

เมื่อเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ มาประกอบกันเป็นอวัยวะที่สำคัญของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ และดอก โดยอวัยวะแต่ละส่วนมีหน้าที่เฉพาะที่แตกต่างกัน แต่ทั้งหมดทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้

2.1 โครงสร้างและหน้าที่ของราก

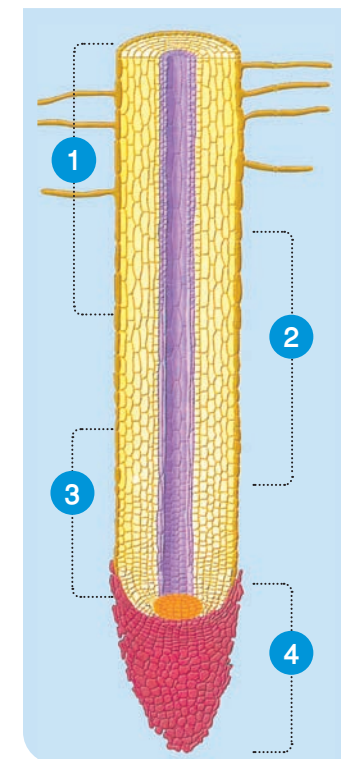
รากเป็นอวัยวะแรกที่ยื่นออกจากเมล็ด และเมื่อรากงอกออกจากเมล็ดแล้ว จะมีการเจริญเติบโตโดยมีขนาด ความยาว และจำนวนที่เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปรากเจริญอยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและธาตุอาหารที่อยู่ในดินไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช อีกทั้งยังช่วยค้ำจุนและช่วยยึดส่วนลำต้นของพืชที่อยู่เหนือดินให้เจริญเติบโตอยู่กับที่ได้

เมื่อนำปลายรากมาตัดตามยาวและตัดตามขวาง แล้วศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นโครงสร้างภายในของปลายราก ดังนี้

1. โครงสร้างภายในของรากตัดตามยาว



โครงสร้างบริเวณปลายราก



1. บริเวณเปลี่ยนสภาพและเจริญเต็มที่ของเซลล์ (region of cell differentiation and maturation) : บริเวณที่เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะและเจริญเติบโตเต็มที่ เช่น เซลล์ขนราก มัดท่อลำเลียงน้ำและอาหาร
2. บริเวณยืดตามยาวของเซลล์ (region of cell elongation) : บริเวณที่อยู่ถัดจากเนื้อเยื่อเจริญ โดยเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์จะมีการขยายขนาดและยืดตัวตามความยาวของราก
3. บริเวณการแบ่งเซลล์ (region of cell division) : ส่วนที่อยู่ถัดจากหมวกรากขึ้นมา ซึ่งเซลล์บริเวณนี้ คือ เนื้อเยื่อเจริญปลายราก (root apical meristem) ที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
4. หมวกราก (root cap) : ส่วนปลายสุดของราก ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เรียงกันอย่างหลวม ๆ ผั่นเซลล์บาง มีแวคิวโอลขนาดใหญ่ สามารถผลิตเมือกออกมา ทำให้สะดวกต่อการขยไชของราก นอกจากนี้หมวกรากยังทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เซลล์ที่บริเวณปลายรากถูกทำลาย

▲ ภาพที่ 1.14 ภาพตัดตามยาวโครงสร้างของปลายรากพืช ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. โครงสร้างภายในของรากตัดตามขวาง



โครงสร้างภายในของรากพืช

1 เอพิเดอร์มิส (epidermis)

เป็นชั้นที่อยู่ภายนอกสุด เซลล์จะเรียงตัวเป็นแถวเดียว โดยมีคิวทิน (cutin) เคลือบอยู่บนผนังชั้นนอกของเซลล์ ช่วยป้องกันเนื้อเยื่อภายใน เนื่องจากเซลล์ชั้นนี้มีผนังเซลล์บาง บางส่วนของเซลล์ชั้นนี้จะยื่นออกไปทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ เรียกว่าบริเวณนี้ว่า **บริเวณขนราก (root hair zone)**

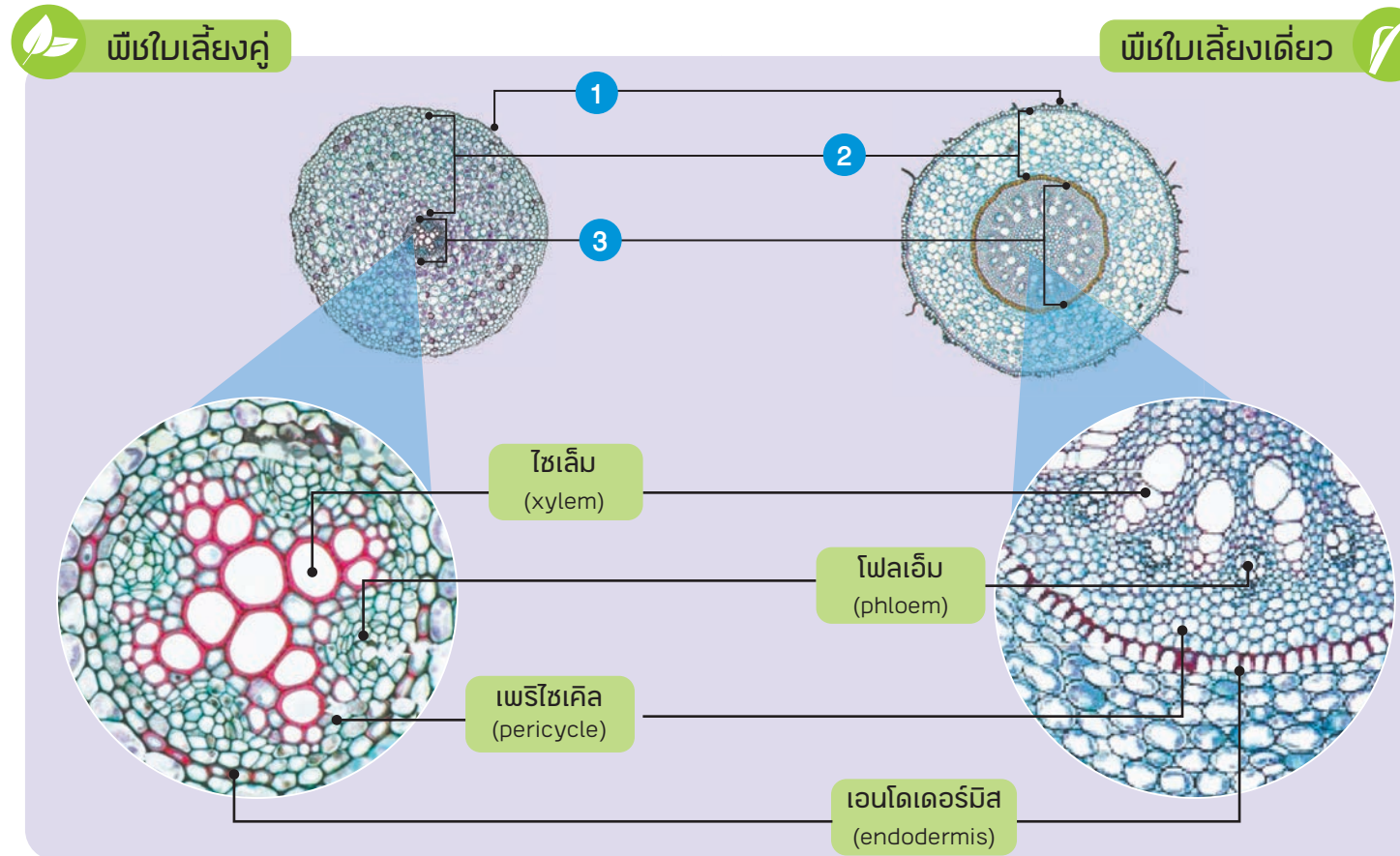
2 คอร์เทกซ์ (cortex)

เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากชั้นเอพิเดอร์มิส ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลล์พาราไคลมาเรียเรียงตัวกันหลายแถว ไม่มีคลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่สะสมอาหาร ซึ่งชั้นในสุดของคอร์เทกซ์ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กเรียงตัวแถวเดียว เรียกว่า **เอนโดเดอร์มิส (endodermis)** ซึ่งมีสารซูเบอริน (suberin) มาสะสมเป็นแถบเรียกว่า **แถบแคสพาเรียน** หรือ **แคสพาเรียนสตริป (casparian strip)** ทำหน้าที่ป้องกันการเคลื่อนที่ของน้ำและธาตุอาหาร เมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นจะมีลิกนินมาสะสม จะเห็นชัดเจนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

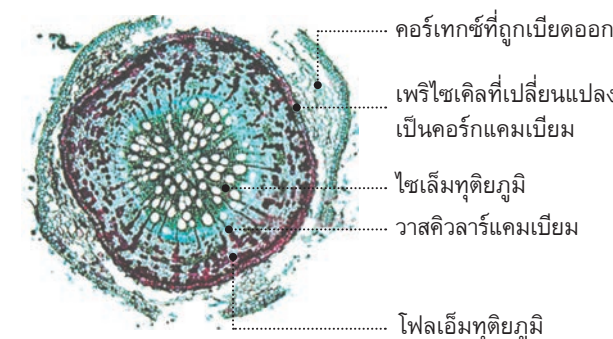


การเติบโตทุติยภูมิของราก

- ส่วนใหญ่พบในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่ไม่พบการเติบโตทุติยภูมิในรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
- การเติบโตทุติยภูมิเกิดจากการสร้างเนื้อเยื่อถาวรเพิ่มจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้างของราก คือ วาสคิวลาร์แคมเบียมและคอร์กแคมเบียม
- วาสคิวลาร์แคมเบียมที่คั่นระหว่างไซเล็มปฐมภูมิกับโฟลเอ็มปฐมภูมิจะแบ่งเซลล์สร้างไซเล็มทุติยภูมิ (secondary xylem) ทางด้านใน และสร้างโฟลเอ็มทุติยภูมิ (secondary phloem) ทางด้านนอก
- ในพืชใบเลี้ยงคู่ เพริไซเคิลเปลี่ยนสภาพเป็นคอร์กแคมเบียมทำให้เกิดการเติบโตทุติยภูมิ สร้างคอร์กแทนเนื้อเยื่อผิวเดิม



▲ ภาพที่ 1.15 ภาพตัดตามขวางโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงคู่ และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.16 การเติบโตทุติยภูมิของรากพืชใบเลี้ยงคู่
ที่มา : Campbell, et al. (2015)

3 สตีล (stele)

เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากชั้นเอนโดเดอร์มิสเข้าไป ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลายชนิด ได้แก่

- เพริไซเคิล (pericycle)** : ประกอบด้วยเซลล์พาราไคลมาเรียเรียงเป็นวงชั้นเดียว หรือหลายชั้นแล้วแต่ชนิดพืช เซลล์สามารถเปลี่ยนสภาพกลับไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญและเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อสร้างรากแขนงได้
- มัดท่อลำเลียง (vascular bundle)** : ประกอบด้วยโฟลเอ็มปฐมภูมิ (primary phloem) และไซเล็มปฐมภูมิ (primary xylem) โดยไซเล็มเรียงตัวเป็นแฉก (arch) อยู่ตรงกลางของราก และมีโฟลเอ็มอยู่ระหว่างแฉก ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีจำนวนแฉกของไซเล็มแตกต่างกัน โดยพืชใบเลี้ยงคู่มีจำนวนแฉกน้อยกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
 - ไซเล็ม (xylem)** : ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ได้แก่ เวสเซลเมมเบอร์ เทรคีด เซลล์พาราไคลมาเรีย และเซลล์ไฟเบอร์ เวสเซลเมมเบอร์เรียงต่อกันเป็นท่อยาว โดยน้ำจะผ่านทางช่องท่อหลอดหัวท้ายของเวสเซลเมมเบอร์เซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง ส่วนเทรคีดไม่พบช่องท่อที่หัวท้ายของเซลล์ น้ำจึงไหลผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งได้ทางพืช
 - โฟลเอ็ม (phloem)** : ทำหน้าที่ลำเลียงอาหาร โดยอาหารถูกลำเลียงผ่านซีฟเพลตเข้าสู่ซีฟทิวบ์เมมเบอร์ถัดไป โดยมีเซลล์คอมพานีเยนควบคุมการลำเลียง นอกจากนี้ยังพบเซลล์พาราไคลมาเรียและเซลล์ไฟเบอร์แทรกอยู่ด้วย
- พืธ (pith)** : อยู่บริเวณตรงกลางของรากที่ไม่ใช่ไซเล็มปฐมภูมิ ส่วนใหญ่พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แต่ไม่พบในพืชใบเลี้ยงคู่

3. **หน้าที่และชนิดของราก** รากเป็นอวัยวะแรกที่ยื่นออกมาจากเมล็ด รากในระยะแรกจะเรียกว่า **แรดิเคิล (radicle)** ซึ่งจะเจริญไปเป็นรากแก้ว ส่วนมากรากแก้วในพืชใบเลี้ยงคู่จะเจริญเติบโตเพิ่มความยาวไปเรื่อย ๆ และมีการสร้างรากสาขาที่เรียกว่า **รากแขนง (lateral root)** ขณะที่พืชใบเลี้ยงเดี่ยวรากแก้วจะหยุดการเจริญเติบโตตั้งแต่พืชยังเล็ก แต่จะมีรากพิเศษเกิดขึ้นแทนหากแบ่งรากพืชตามการกำเนิดจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) **รากปฐมภูมิ (primary root)** เป็นรากที่เกิดมาจากรากแรกเกิดหรือแรดิเคิล ในขณะที่เป็นเอ็มบริโออยู่ในเมล็ดแล้วเจริญเติบโตยืดยาวออกมา ซึ่งจะติดอยู่กับลำต้น มีขนาดใหญ่และเรียวเล็กลงเรื่อย ๆ หรือที่เรียกว่า **รากแก้ว (tap root)**

2) **รากทุติยภูมิ (secondary root)** เป็นรากที่เจริญจากรากแก้วอีกทีหนึ่ง เรียกว่า **รากแขนง** ซึ่งจะแตกแขนงออกไปได้อีก โดยรากแขนงนี้จะแตกออกจากส่วนเพริไซเคิลของราก

3) **รากพิเศษหรือรากวิสามัญ (adventitious root)** เป็นรากที่เกิดจากกิ่ง ใบ หรือลำต้น ซึ่งไม่ได้เกิดมาจากรากแรดิเคิลหรือรากแก้วโดยตรง สามารถแยกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ตามรูปร่างและหน้าที่ ดังนี้



▲ ภาพที่ 1.17 รากเกาะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

รากเกาะ (climbing root)

รากที่แตกออกมาจากบริเวณข้อของลำต้น แล้วมาเกาะตามหลักหรือเสา เพื่อพยุงลำต้นให้มั่นคงและชูลำต้นขึ้นที่สูง เช่น รากของพญาศรีไทย กัลยไม้



▲ ภาพที่ 1.18 รากฝอย
ที่มา : คลังภาพ อจท.

รากฝอย (fibrous root)

รากเส้นเล็ก ๆ จำนวนมาก ซึ่งงอกออกมาจากรอบโคนต้นแทนรากแก้วที่ฝ่อไป หรือ หยุดเจริญเติบโตไป ส่วนใหญ่พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



▲ ภาพที่ 1.19 รากค้ำจุน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

รากค้ำ (prop root)

รากที่แตกออกมาจากข้อของลำต้นที่อยู่ใต้ดิน และเหนือดินขึ้นมาเล็กน้อย พุ่งแทงลงไปในดิน เพื่อพยุงลำต้นไม่ให้ล้ม พบในพืชบริเวณที่มีน้ำท่วมขังตลอดเวลา หรือพื้นเป็นดินโคลน เช่น ต้นลำแพน โกงกาง



▲ ภาพที่ 1.20 รากอากาศ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

รากอากาศ (aerial root)

รากที่แตกออกมาจากบริเวณข้อของลำต้น แล้วห้อยลงมาในอากาศ ไม่เจริญลงดิน ทำหน้าที่ดูดความชื้นในอากาศ และส่วนปลายยังสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น รากกล้วยไม้ ไทร



▲ ภาพที่ 1.21 รากหายใจ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

รากหายใจ (aerating root)

รากที่ปลายรากโผล่ขึ้นมาเหนือพื้นดิน หรือเหนือผิวน้ำ เพื่อทำหน้าที่หายใจ และช่วยดักตะกอนรวมทั้งอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ตามพื้นที่ชายฝั่งเอาไว้ พบในพืชบางชนิดบริเวณป่าชายเลน เช่น รากต้นแสม ลำพู



▲ ภาพที่ 1.22 รากสะสมอาหาร
ที่มา : คลังภาพ อจท.

รากสะสมอาหาร (storage root)

รากที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหาร ทำให้มีลักษณะอวบอ้วน มักเรียกว่า หัว เช่น แครอท มันเทศ มันสำปะหลัง



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การวัด

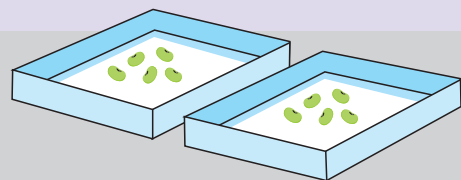
จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ
- การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

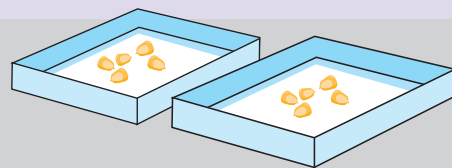
วิธีปฏิบัติ

1. นำเมล็ดถั่วเขียวและเมล็ดข้าวโพด แช่น้ำไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดแต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นำแต่ละส่วนเพาะลงในกล่องพลาสติกใสบนกระดาษทิชชูที่ชื้น วางเมล็ดให้กระจายบนกระดาษทิชชู รดน้ำจนชุ่ม ปิดฝากล่อง (ให้ปริมาณน้ำในแต่ละกล่องเท่ากัน)

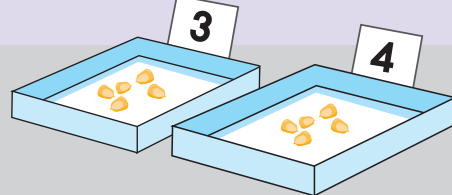
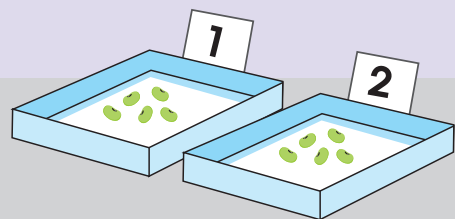
เมล็ดถั่วเขียว จำนวน 2 กล่อง



เมล็ดข้าวโพด จำนวน 2 กล่อง



2. เขียนหมายเลข 1 และ 2 บนกล่องที่เพาะเมล็ดถั่วเขียว และหมายเลข 3 และ 4 บนกล่องที่เพาะเมล็ดข้าวโพด



การเจริญเติบโตของรากพืช

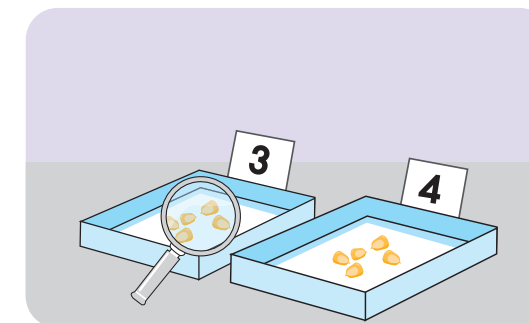
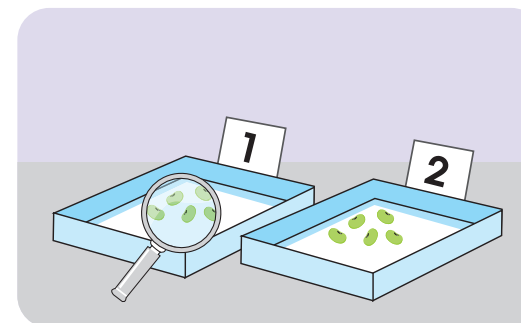
จุดประสงค์

อธิบายและเปรียบเทียบการงอกและการเจริญเติบโตของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และรากพืชใบเลี้ยงคู่ได้

วัสดุอุปกรณ์

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. เมล็ดถั่วเขียว 10 เม็ด | 4. กระดาษทิชชู |
| 2. เมล็ดข้าวโพด 10 เม็ด | 5. ด้ายหรือเชือกเส้นเล็ก |
| 3. กล่องพลาสติกใสรูปสี่เหลี่ยมที่มีความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร | 6. ไม้บรรทัด |
| จำนวน 4 กล่อง | |

3. สังเกตการงอกของเมล็ดการเปลี่ยนแปลงความยาวและจำนวนรากถั่วเขียวในกล่องหมายเลข 1 และ 2 และรากข้าวโพดในกล่องหมายเลข 3 และ 4 ทุก ๆ วันเป็นเวลา 3 วัน วัดความยาวรากจากภายนอกกล่องโดยใช้ด้ายหรือไม้บรรทัด แล้วสังเกตดูว่าขนรากที่เกิดขึ้นมานั้นเจริญมาจากส่วนใด



▲ ภาพที่ 1.23 กิจกรรมการเจริญเติบโตของรากพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

4. บันทึกผลและหาค่าเฉลี่ยความยาวของรากในแต่ละวัน พร้อมทั้งวาดภาพเมล็ดที่งอก

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ส่วนใดของเมล็ดที่งอกออกมาก่อน และงอกออกมาจากตำแหน่งใดของเมล็ด
2. ตำแหน่งที่มีการงอกออกมาของเมล็ดถั่วเขียวและเมล็ดข้าวโพดเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
3. การงอกของรากถั่วเขียวและข้าวโพดเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

จากกิจกรรม เมื่อสังเกตการเจริญเติบโตในช่วง 3 วัน พบว่า ส่วนแรกที่โผล่พ้นเมล็ดออกมา ก่อน คือ รากปฐมภูมิหรือรากแก้ว และความยาวของรากจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสังเกตเห็นขนรากเกิดขึ้นที่บริเวณถัดจากปลายสุดของราก เมื่อเวลาผ่านไป พบว่า รากถั่วเขียวมีจำนวนรากเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นรากแขนงที่เจริญออกมาจากรากเดิม สำหรับรากข้าวโพดจำนวนรากที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เจริญออกมาจากรากเดิมแต่เจริญมาจากจุดที่อยู่เหนือขึ้นไปเรียกว่า รากพิเศษ



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต

จิตวิทยาศาสตร์

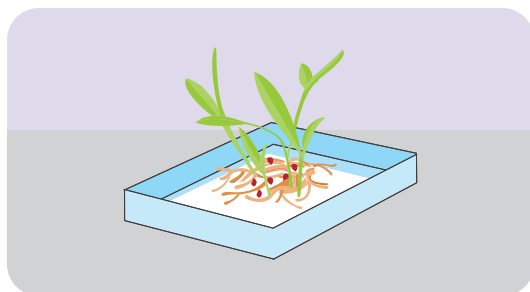
- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ
- การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์



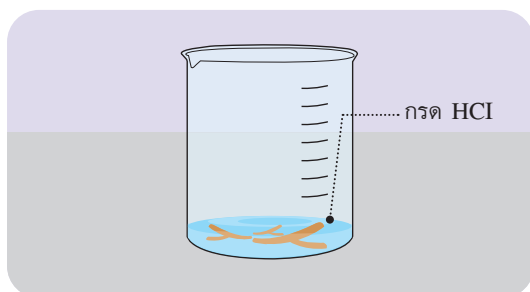
วิธีปฏิบัติ

ตอนที่ 1 โครงสร้างส่วนปลายราก

1. นำเมล็ดทานตะวัน และเมล็ดข้าวเพาะลงกระบะเพาะชำประมาณ 2 สัปดาห์ แล้วขุดขึ้นมา



3. หยด HCl ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ต่อปริมาตรพืชมราก ทั้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง



โครงสร้างภายในของปลายรากพืช



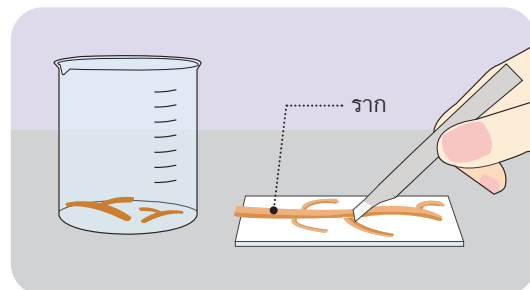
จุดประสงค์

1. ศึกษาโครงสร้างภายในของปลายรากพืชด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างภายในของปลายรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่



วัสดุอุปกรณ์

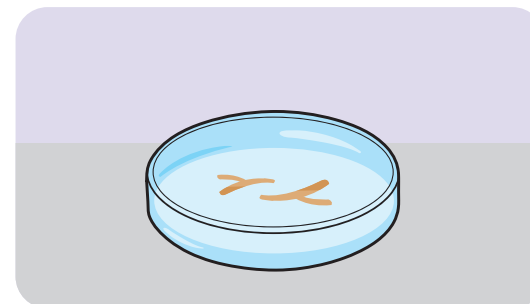
- | | |
|--|---|
| 1. เมล็ดพืชใบเลี้ยงคู่ (เมล็ดทานตะวัน) | 5. พู่กัน เข็ม เขี่ย จานเพาะเชื้อ และเมล็ดพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (เมล็ดข้าว) |
| 2. กระบะเพาะเมล็ดพืช พร้อมดิน | 6. สไลด์และกระจกปิดสไลด์ |
| 3. สีชาฟรานีนหรือสีผสมอาหารสีแดง ความเข้มข้น 1% | 7. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง |
| 4. ปีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร (HCl) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร | 8. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก |



Safety first

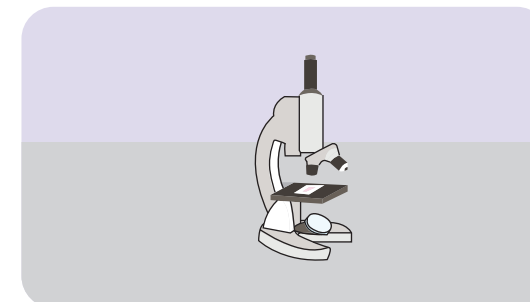
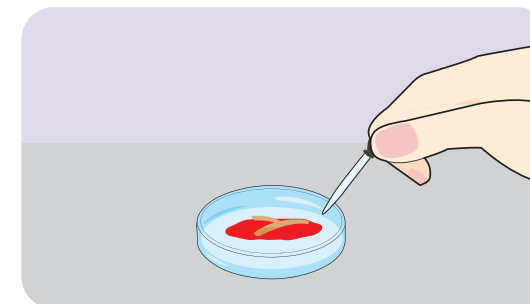
กรดไฮโดรคลอริก มีสมบัติเป็นกรดแก่ หากสัมผัสกับผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ดังนั้นควรสวมถุงมือป้องกันขณะใช้งาน

4. ล้าง HCl ออกจากเนื้อเยื่อปลายราก โดยใช้หลอดหยดดูด HCl ออกจนหมด แล้วเติมน้ำลงไปให้ท่วมราก แช่ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วดูดน้ำออก เติมน้ำใหม่ แล้วดูดออก ทำเช่นนี้ประมาณ 3 ครั้ง เพื่อล้างกรดออกให้หมด



6. ใช้พู่กันเขี่ยท่อนรากที่ย้อมสีแล้ว 1 ท่อน วางบนสไลด์ที่หยดน้ำแล้ว 1 หยด นำกระจกปิดสไลด์วางทับแล้วกดเบาๆ ด้วยนิ้วจนเนื้อเยื่อแบน นำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่าง ๆ วาดภาพและบันทึกผล

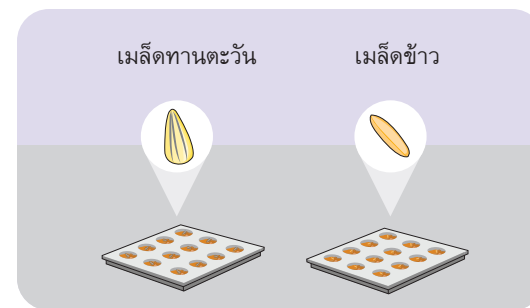
5. หยดสีชาฟรานีนหรือสีผสมอาหารสีแดงลงไปพอท่วมราก ทิ้งไว้ 5 นาที ล้างสีส่วนเกินออกโดยการดูดน้ำสีออกแล้วเติมน้ำ จากนั้นดูดน้ำออก ทำเช่นนี้ประมาณ 3 ครั้ง



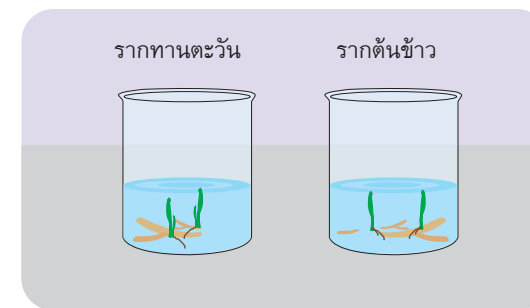
▲ ภาพที่ 1.24 โครงสร้างภายในของปลายรากพืช ที่มา : คลังภาพ อจท.

ตอนที่ 2 โครงสร้างภายในราก

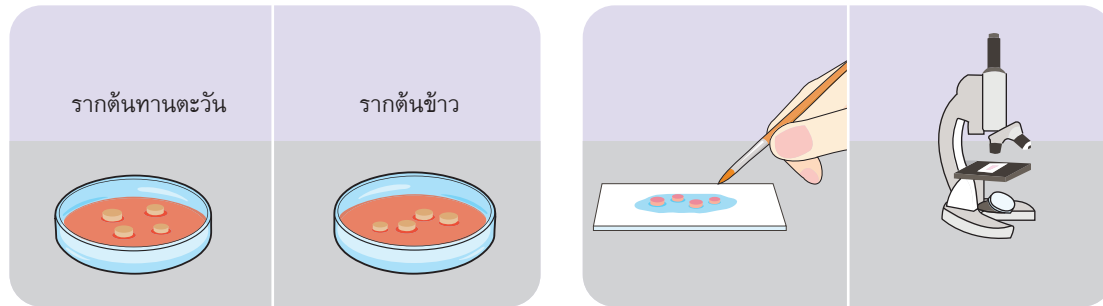
1. นำเมล็ดทานตะวัน และเมล็ดข้าวเพาะลงกระบะเพาะชำประมาณ 2 สัปดาห์



2. ขุดต้นทานตะวันและต้นข้าวขึ้นมา (พยายามอย่าให้รากขาด) ตัดรากพืชที่สมบูรณ์พืชละ 2-3 ราก ล้างให้สะอาดแล้วนำไปแช่น้ำ



- ใช้ฟุ้งและชั้นส่วนของรากที่เหื่อนออกมา แล้วแช่ในน้ำสีที่ใสในจานเพาะเชื้อ โดยแยกเป็นจานละชนิด
- นำชิ้นส่วนที่บางไปย้อมสี วางลงบนหยดน้ำบนสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วนำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์



▲ ภาพที่ 1.25 โครงสร้างภายในของปลายรากพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

คำถามท้ายกิจกรรม

- โครงสร้างภายในของรากจากการตัดตามยาวในพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
- การเจริญเติบโตปฐมภูมิและการเจริญเติบโตทุติยภูมิของรากแตกต่างกันอย่างไร และสามารถพบได้ทั้งในรากพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือไม่

อภิปรายผลกิจกรรม

จากกิจกรรมตอนที่ 1 พบว่า เมื่อนำรากของพืชใบเลี้ยงคู่ (ทานตะวัน) และรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าว) ที่มีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ มาตัดตามยาว พบว่า มีโครงสร้างที่เหมือนกัน คือ บริเวณปลายสุดของรากขึ้นไปแบ่งออกเป็นบริเวณต่าง ๆ คือ หมวกราก บริเวณการแบ่งเซลล์ บริเวณเซลล์ยึดตามยาว และบริเวณที่เซลล์เปลี่ยนแปลงและเจริญเติบโตเต็มที่ ตามลำดับ

จากกิจกรรมตอนที่ 2 พบว่า เมื่อนำรากพืชอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นรากที่เจริญเติบโตเต็มที่และแปลงสภาพโครงสร้างไปทำหน้าที่เฉพาะมาตัดตามขวาง พบว่า รากพืชใบเลี้ยงคู่ (ทานตะวัน) และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าว) มีโครงสร้างภายในของราก 3 บริเวณเหมือนกัน คือ เอพิเดอร์มิส คอร์เทกซ์ และสตีล แต่จำนวนแฉกในพืชใบเลี้ยงคู่มีจำนวนน้อยกว่า และการจัดเรียงตัวของท่อลำเลียงเป็นระเบียบมากกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

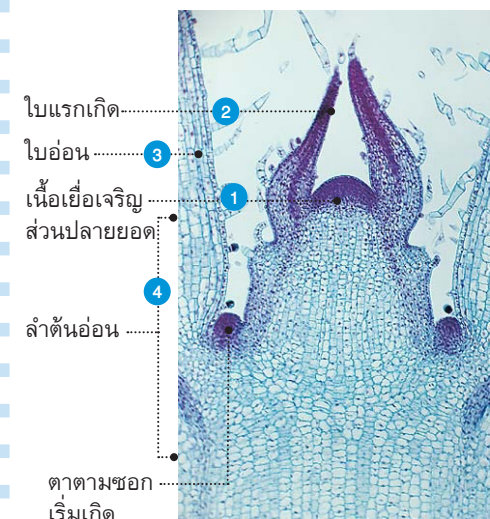
2.2 โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น

ลำต้นเป็นอวัยวะของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่เหนือระดับผิวดินถัดขึ้นมา ลำต้นพืชบางชนิดจะมีข้อ ปล้อง บริเวณข้อจะมีใบ ที่ช่อกใบมีตา ลำต้นทำหน้าที่ชูกิ่ง ใบ ดอก และผล ให้อยู่เหนือระดับผิวดิน ลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร และอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช

เมื่อนำลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่มาศึกษา พบว่า การเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยการเติบโตปฐมภูมิจะทำให้พืชมีลำต้นสูงขึ้น พบทั้งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ ส่วนการเติบโตทุติยภูมิจะทำให้พืชมีลำต้นขยายออกทางด้านข้าง พบเฉพาะในพืชใบเลี้ยงคู่

Biology Focus โครงสร้างบริเวณปลายยอด

- เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด (shoot apical meristem) :** อยู่บริเวณปลายสุดของลำต้น ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีการแบ่งตัวและเจริญไปเป็นลำต้น ใบ และตาตามซอกที่เจริญต่อไปเป็นกิ่ง



▲ ภาพที่ 1.26 ภาพตัดตามยาวโครงสร้างบริเวณปลายยอด
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- ใบแรกเกิด (leaf primordium) :** อยู่ตรงด้านข้างของปลายยอดที่เป็นขอบของความโค้ง และจะเจริญพัฒนาเป็นใบอ่อน ตรงโคนใบแรกเกิดจะเห็นเซลล์ขนาดเล็กรูปร่างยาวเรียงตัวเป็นแนวยาวจากลำต้นขึ้นไปจนถึงส่วนปลาย เซลล์เหล่านี้จะเจริญไปเป็นเนื้อเยื่อท่อลำเลียงที่แยกออกจากลำต้นสุใบ

- ใบอ่อน (young leaf) :** เซลล์ของใบยังมีการแบ่งเซลล์อยู่ และเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงต่อไป เพื่อเพิ่มความหนาและขนาดของใบจนเป็นใบที่เจริญเต็มที่ อย่างไรก็ตาม ใบในระยะนี้ยังไม่แผ่ออกเต็มที่ ตรงซอกของใบอ่อนพบตาตามซอกเริ่มเกิดที่จะพัฒนาไปเป็นตาตามซอกเมื่อใบที่รองรับอยู่เจริญเต็มที่แล้ว

- ลำต้นอ่อน (young stem) :** อยู่ถัดจากตำแหน่งใบเริ่มเกิดลงมา ลำต้นส่วนใบเริ่มเกิดเป็นลำต้นระยะที่ยังเจริญไม่เต็มที่ โดยเซลล์บางบริเวณอาจพัฒนาไปจนเจริญเต็มที่ในระดับหนึ่งแล้ว แต่บางบริเวณยังแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนและขยายขนาดต่อไปได้อีก จนกระทั่งเป็นลำต้นที่เจริญเต็มที่

1. โครงสร้างภายในของลำต้นระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวาง แล้วนำมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นโครงสร้างแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้

โครงสร้างภายในของลำต้น

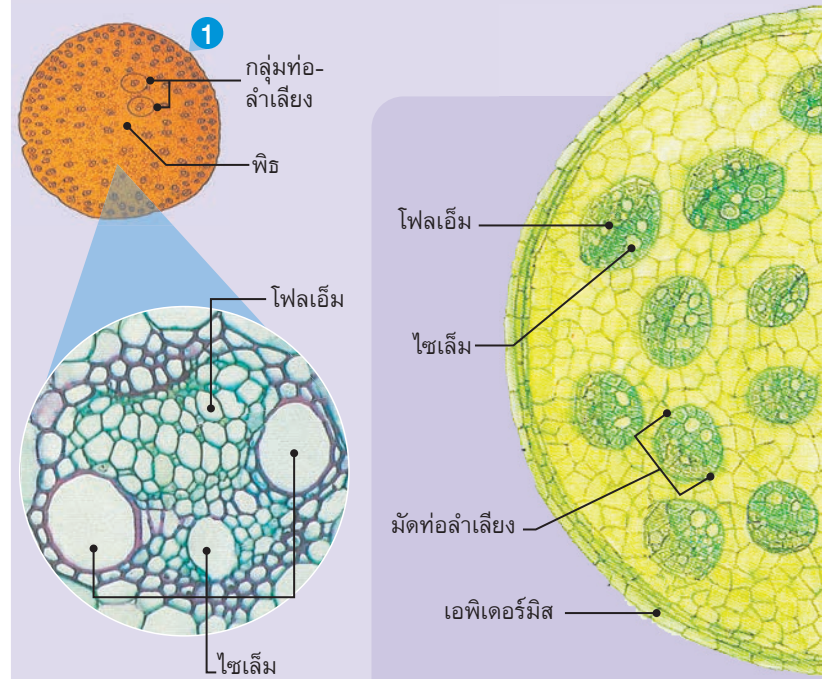
1 เอพิเดอร์มิส (epidermis)

เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุด ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับเนื้อเยื่อภายในของลำต้น ส่วนใหญ่เซลล์จะเรียงตัวเพียงชั้นเดียว พืชบางชนิดเอพิเดอร์มิสมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นขน

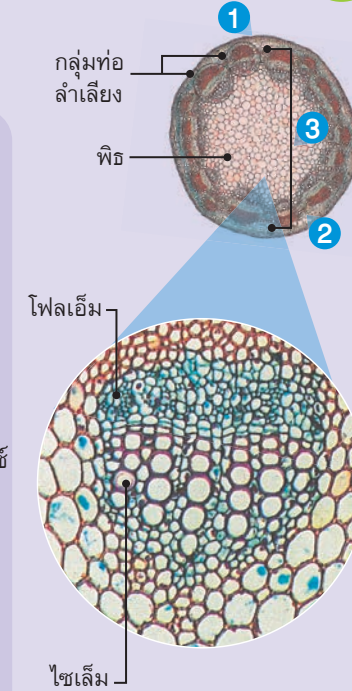
2 คอร์เทกซ์ (cortex)

เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากเอพิเดอร์มิสเข้าไป ประกอบด้วยเซลล์หรือเนื้อเยื่อหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาและมีคอลเลงคิมาอยู่ได้เซลล์ผิว ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิดอาจเห็นส่วนคอร์เทกซ์ไม่ชัด

พืชใบเลี้ยงเดี่ยว



พืชใบเลี้ยงคู่



3 สตีล (stele)

ชั้นที่ถัดจากชั้นคอร์เทกซ์เข้ามาจนถึงส่วนกลางของลำต้น และแบ่งแยกออกจากชั้นคอร์เทกซ์ได้ไม่ชัดเจน โดยทั่วไปสตีลมีขอบเขตกว้างมาก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่สำคัญ ได้แก่

- **วาสคิวลาร์แคมเบียม (vascular cambium)** : พบในพืชใบเลี้ยงคู่ เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาที่อยู่ระหว่างกลุ่มท่อลำเลียง โดยเรียงตัวกันเป็นวงเชื่อมต่อกันระหว่างคอร์เทกซ์และพืช
- **พืช (pith)** : เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ส่วนกลางของลำต้น ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมา จึงทำหน้าที่ในการสะสมสารต่าง ๆ



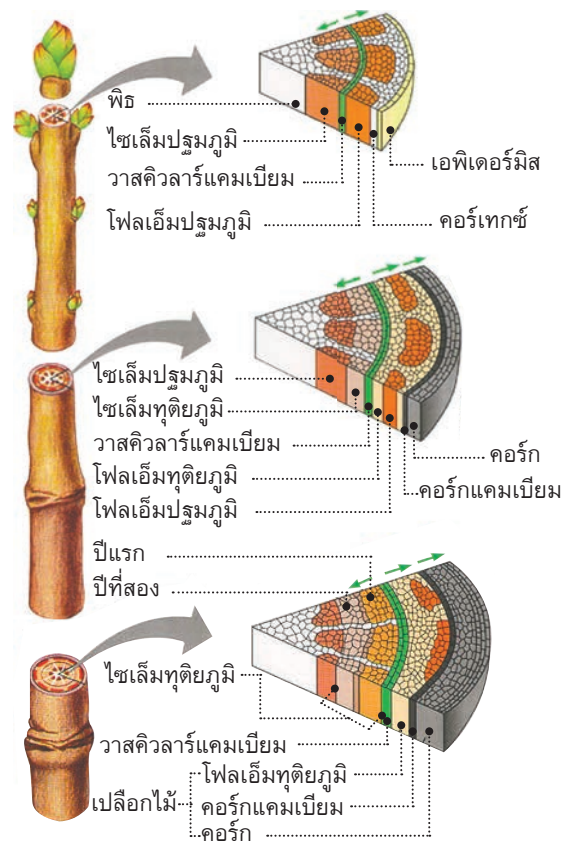
ข้อแตกต่างระหว่างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่

ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่
1. กลุ่มท่อลำเลียงกระจายทั่วไปในเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue)	1. กลุ่มท่อลำเลียงเรียงเป็นระเบียบในแนวรัศมี
2. ส่วนใหญ่ไม่พบเนื้อเยื่อเจริญวาสคิวลาร์แคมเบียม ยกเว้นหุ้มรากหุ้มโคนและพืชวงศ์ปาล์ม	2. มีเนื้อเยื่อเจริญวาสคิวลาร์แคมเบียมระหว่างโพลเอมและไซเลม จึงมีการเติบโตทุติยภูมิ
3. เนื้อเยื่อพืชจะพบกลุ่มท่อลำเลียงกระจายอยู่เต็ม ทำให้ไม่เห็นขอบเขตของพืช	3. เห็นขอบเขตของเนื้อเยื่อพืชอย่างชัดเจน
4. ส่วนใหญ่ไม่มีการเติบโตทุติยภูมิ ซึ่งบริเวณพืชและเนื้อเยื่ออื่น ๆ อาจสลายไปกลายเป็นช่องกลางลำต้นเรียกว่า ช่องพืช (pith cavity)	4. พืชถูกแทนที่ด้วยไซเลม เมื่อมีการเติบโตทุติยภูมิ

▲ ภาพที่ 1.27 ภาพตัดตามขวางโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพืชใบเลี้ยงคู่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- **มัดท่อลำเลียง (vascular bundle)** : กลุ่มของเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำและอาหาร
 - ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว กลุ่มท่อลำเลียงจะกระจายอยู่ทั่วไปในชั้นคอร์เทกซ์ ประกอบด้วยทั้งโพลเอมและไซเลม ซึ่งจะถูกล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรงคิมาหรือสเกลอเรนคิมา เรียกเซลล์ที่มาล้อมรอบนี้ว่า **เนื้อเยื่อหุ้มท่อลำเลียง หรือบันเดิลชีท (bundle sheath)**
 - ในพืชใบเลี้ยงคู่ ประกอบด้วยโพลเอมซึ่งเรียงตัวอยู่ทางด้านนอก และไซเลมซึ่งเรียงตัวอยู่ทางด้านในหรือด้านที่ติดกับพืช ระหว่างโพลเอมกับไซเลมมีเนื้อเยื่อเจริญที่เรียกว่า **วาสคิวลาร์แคมเบียม** คั่นกลางอยู่ทำหน้าที่แบ่งเซลล์เพื่อให้เกิดโพลเอมทุติยภูมิกับไซเลมทุติยภูมิ

2. ลำต้นในระยะการเติบโตทุติยภูมิ จะทำให้ลำต้นมีเส้นรอบวงเพิ่มขึ้น และมีโครงสร้างแตกต่างไปจากเดิม เนื่องจากการสร้างเนื้อเยื่อเพริเดอร์ม และเนื้อเยื่อท่อลำเลียงทุติยภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ลำต้นพืชเจริญขยายออกทางด้านข้าง



▲ ภาพที่ 1.28 การเจริญเติบโตของลำต้นในระยะทุติยภูมิ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

แก่น (heart wood)

เป็นบริเวณที่ไซเล็มมีอายุมาก ซึ่งจะหยุดลำเลียงน้ำ แต่ยังคงให้ความแข็งแรงแก่ลำต้นอยู่ และอาจมีการสะสมสารอินทรีย์ จึงทำให้เห็นไซเล็มบริเวณนี้มีสีเข้ม

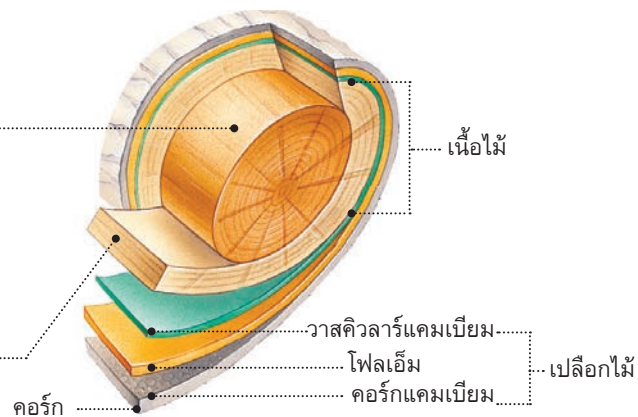
กระพี้ (sap wood)

เป็นบริเวณที่ไซเล็มมีอายุน้อย สามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหารได้ มีสีที่จางเนื่องจากยังไม่มีสารอินทรีย์สะสม

การสร้างเนื้อเยื่อท่อลำเลียงทุติยภูมิเกิดขึ้นโดยเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อไซเล็มปฐมภูมิและโฟลเอ็มปฐมภูมิ เรียกว่า **วาสคิวลาร์แคมเบียม (vascular cambium)** จะแบ่งเซลล์ได้ 2 ทิศทาง คือ แบ่งเข้าทางด้านในและด้านนอก

การแบ่งเซลล์เข้าด้านในของวาสคิวลาร์แคมเบียมเกิดได้เร็วกว่าด้านนอก และเจริญเป็นเนื้อเยื่อไซเล็ม เรียกว่าไซเล็มที่เกิดจากวาสคิวลาร์แคมเบียมว่า **ไซเล็มทุติยภูมิ (secondary xylem)** ส่วนเซลล์ที่แบ่งออกทางด้านนอกเจริญเป็นเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม เรียกว่าโฟลเอ็มที่เปลี่ยนแปลงมาจากวาสคิวลาร์แคมเบียมว่า **โฟลเอ็มทุติยภูมิ (secondary phloem)**

ดังนั้น การเติบโตทุติยภูมิทำให้ไซเล็มชั้นในสุดของลำต้นมีอายุมากที่สุด และไซเล็มที่มีอายุน้อยอยู่ถัดออกมา



▲ ภาพที่ 1.29 เนื้อไม้ของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีอายุมาก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การสร้างเนื้อเยื่อเพริเดอร์ม เกิดขึ้นโดยเนื้อเยื่อเจริญที่พัฒนามาจากเนื้อเยื่อในชั้นคอร์เทกซ์ เรียกว่า **คอร์คแคมเบียม (cork cambium)** หรือ **เฟลโลเจน (phllogen)** ทำหน้าที่สร้างชั้นเนื้อเยื่อที่ช่วยปกป้องเนื้อเยื่อส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ภายใน โดยเนื้อเยื่อเพริเดอร์มจะไปแทนที่เอพิเดอร์มิสที่แตกออกหรือแห้งแล้วหลุดออกไป เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ของคอร์คแคมเบียม นั้น ถ้าเซลล์ที่อยู่ด้านนอกของคอร์คแคมเบียมจะเป็นเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็น **เซลล์คอร์ค (cork cell)** เมื่อเจริญเต็มที่ จะสะสมสารประกอบพวก **ซูเบอร์ิน (suberin)** ที่ผนังเซลล์เป็นปริมาณมาก ทำให้เซลล์ตายในที่สุด ชั้นของเซลล์คอร์คที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า **คอร์ค (cork)** หรือ **เฟลเลม (phellem)** ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำภายในลำต้น และถ้าเป็นเซลล์ที่อยู่ด้านในของคอร์คแคมเบียมจะเป็นเซลล์ที่มีผนังบางคล้ายเซลล์พาเรงคิมา เรียกว่า **เฟลโลเดิร์ม (phelloderm)** ทำให้ชั้นคอร์เทกซ์มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งทั้งคอร์ค คอร์คแคมเบียม และเฟลโลเดิร์ม รวมเรียกว่า **เพริเดอร์ม (periderm)**

ในลำต้นที่มีอายุมากเอพิเดอร์มิสจะหลุดสลายไปเหลือแต่เนื้อเยื่อคอร์ค (cork) และคอร์คแคมเบียม (cork cambium) โดยเนื้อเยื่อเพริเดอร์มและโฟลเอ็มทุติยภูมิที่สร้างขึ้นใหม่ รวมเรียกว่า **เปลือกไม้ (bark)** สำหรับลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น ปาล์ม มะพร้าว ไม้ ข้าวโพด พืชเหล่านี้จะมีการเติบโตทุติยภูมิ แต่มีลักษณะและขั้นตอนต่างออกไปจากพืชใบเลี้ยงคู่

Biology in Real Life

ไม้คอร์คหรือจุกขวดปิดปากขวดไว้น่ามาจากเปลือกไม้ของต้นโอ๊ก เมื่อต้นโอ๊กมีอายุประมาณ 25 - 30 ปี จะเริ่มลอกเปลือกเพื่อทำไม้คอร์ค ไม้คอร์คที่ได้ครั้งแรกจะยังไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นจุกปิดปากขวดไว้น ต่อมาประมาณ 9 - 11 ปี ชั้นของไม้คอร์คจะเกิดขึ้นใหม่ และมีการลอกไม้คอร์คมาใช้ประโยชน์ทุก 9 - 11 ปี ต้นโอ๊กที่ควรนำมาผลิตจุกขวดควรมีอายุอย่างน้อย 50 ปี

Biology Focus วงปี

- ใน 1 ปี วาสคิวลาร์แคมเบียมแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นตามมากหรือน้อยต่างกันในแต่ละฤดู ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและอาหาร ทำให้การสร้างเนื้อไม้ในแต่ละฤดูมีขนาดมากน้อยแตกต่างกัน เซลล์ชั้นไซเล็มที่สร้างขึ้นในฤดูฝนจะเจริญเร็ว มีขนาดใหญ่ ทำให้ไซเล็มกว้างและมักมีสีจาง ส่วนฤดูแล้งเซลล์จะมีขนาดเล็ก และมีสีเข้ม ลักษณะดังกล่าวทำให้เนื้อไม้มีสีจางและสีเข้มสลับกันมองเห็นเป็นวง เรียกว่า **วงปี (annual ring)**



▲ ภาพที่ 1.30 วงปี
ที่มา : คลังภาพ อจท.



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ
- การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

โครงสร้างภายในของลำต้น

จุดประสงค์

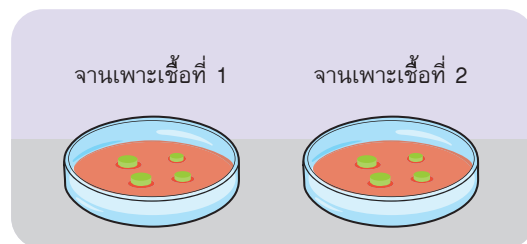
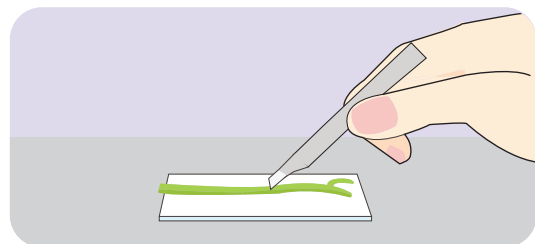
1. ศึกษาโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงได้
2. อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชแต่ละชนิด

วัสดุอุปกรณ์

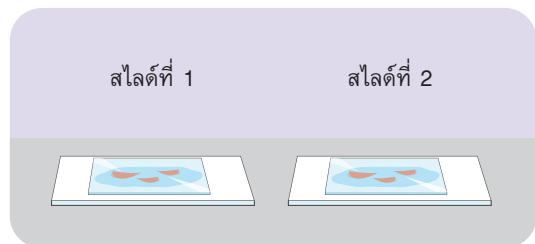
- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. ต้นหญ้า (พืชใบเลี้ยงเดี่ยว) | 5. ฟู่กัน เข็ม เขี่ย จานเพาะเชื้อ และหลอดหยด |
| 2. ต้นถั่วเขียว (พืชใบเลี้ยงคู่) | 6. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์ |
| 3. ใบมีดโกน | 7. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง |
| 4. สีชาฟรานีนหรือสีผสมอาหารสี | |
- แดงเข้มข้น 1%

วิธีปฏิบัติ

1. นำลำต้นหญ้าและถั่วเขียวมาลอกใบออกจนเห็นข้อและปล้อง ล้างให้สะอาด และตัดบริเวณกึ่งกลางปล้องให้เป็นชิ้นบาง ๆ
2. ใช้ฟู่กันแตะชิ้นส่วนของลำต้นหญ้าและถั่วเขียวที่ตัดเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วนำมาแช่ในน้ำสีที่ใสในจานเพาะเชื้อที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



3. ใช้ฟู่กันเลือกชิ้นส่วนของลำต้นหญ้าและถั่วเขียวที่บางและสมบูรณ์ซึ่งย้อมสีแล้ว วางลงบนหยดน้ำบนสไลด์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
4. นำสไลด์ไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงบันทึกผล



▲ ภาพที่ 1.31 กิจกรรมโครงสร้างภายในของลำต้น
ที่มา : คลังภาพ อจท.

คำถามท้าทายกิจกรรม

เนื้อเยื่อของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่มีโครงสร้างเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

จากกิจกรรม เมื่อนำเนื้อเยื่อของลำต้นพืชที่เติบโตเต็มที่มาตัดตามขวาง พบว่า โครงสร้างภายในลำต้นประกอบด้วยเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ที่เหมือนกันซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณ ดังนี้

1. เอพิเดอร์มิส เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุด ส่วนใหญ่เซลล์เรียงตัวเพียงชั้นเดียว
2. คอร์เทกซ์ เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากเอพิเดอร์มิสเข้าไป ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิดเห็นส่วนคอร์เทกซ์ไม่ชัดเจน
3. สตีล อยู่ถัดจากชั้นคอร์เทกซ์ เข้ามาจนถึงใจกลางของลำต้น ประกอบด้วยเนื้อเยื่อกลุ่มท่อลำเลียง

วาสคิวลาร์แคมเบียม (พบในพืชใบเลี้ยงคู่) และพิธ
ลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่มีบางบริเวณที่แตกต่างกัน แต่ที่เห็นได้อย่างชัดเจน คือกลุ่มท่อลำเลียงที่มีการจัดเรียงตัวที่แตกต่างกัน

3. หน้าที่และชนิดของลำต้น ลำต้นเป็นอวัยวะที่เป็นแกนหลักของพืชที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน หน้าที่หลักของลำต้น คือ ชูกิ่งก้านและใบเพื่อรับแสง ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร รวมทั้งอาหารที่พืชสร้างขึ้นส่งไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช นอกจากนี้ลำต้นยังมีหน้าที่พิเศษอื่น ๆ อีกตามลักษณะภายนอกของลำต้นที่พบ เช่น สะสมอาหาร สังเคราะห์ด้วยแสง ช่วยในการคายน้ำ ใช้ในการขยายพันธุ์

หากแบ่งประเภทของลำต้นตามตำแหน่งที่พบ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) ลำต้นเหนือดิน (aerial stem) เป็นต้นที่ชานานอยู่เหนือพื้นดินทั่ว ๆ ไป นอกจากจะพบลำต้นขนาดใหญ่ที่ทำหน้าที่เป็นแกนหลักของพืชแล้ว ยังพบลำต้นลักษณะอื่น ๆ ที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างและทำหน้าที่ต่างกันไป ดังนี้

- **ลำต้นเกาะเลื้อย (creeping stem)** เป็นต้นที่ชานานไปกับผิวดินหรือผิวน้ำ ส่วนใหญ่มีลำต้นอ่อน ตั้งตรงไม่ได้ จึงต้องเลื้อยชานานไปกับผิวดินหรือผิวน้ำ เช่น ผักกระเฉด แตงโม พักทอง



▲ ภาพที่ 1.32 ลำต้นเกาะเลื้อย
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- ลำต้นมือเกาะ (stem tendril) มีลำต้นที่อ่อน และไต่ขึ้นสูงไปตามหลักหรือต้นไม้ที่อยู่ติดกัน เช่น แตงกวา พลูต่าง ตำลึง

- ลำต้นคล้ายใบ (cladophyll) ลำต้นที่เปลี่ยนไปอาจแผ่แบนคล้ายใบหรือเป็นเส้นเล็กยาว และยังมีสีเขียว ทำหน้าที่แทนใบในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ นอกจากนี้ยังมีลำต้นอวบน้ำเป็นลำต้นของพืชที่อยู่ในที่แห้งแล้งป้องกันการคายน้ำ เช่น สนทะเล กระบองเพชร



▲ ภาพที่ 1.33 ลำต้นที่เลื้อยขึ้นสูงโดยเปลี่ยนเป็นมือเกาะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.34 ลำต้นคล้ายใบของต้นกระบองเพชร
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Biology Focus

ลักษณะการไต่ขึ้นสูงของลำต้น

ลักษณะการไต่ขึ้นสูงของลำต้น มีดังนี้

1. ลำต้นพันหลักเป็นเกลียวขึ้นไป หรือไม้พันเลื้อย (twinter) : การพันอาจเวียนซ้ายหรือเวียนขวา

เช่น บอระเพ็ด เถาวัลย์ ต้นถั่วพิกยาว

2. ลำต้นเปลี่ยนเป็นมือเกาะ (tendril) : มือจะบิดเกาะเป็นเกลียวคล้ายสปริงเพื่อให้มีการยึดหยุ่น

เช่น แตงกวา บวบ

3. รากพัน (root climber) : เป็นลำต้นที่ไต่ขึ้นสูงโดยงอรากออกมาบริเวณข้อยึดกับหลักหรือต้นไม้อื่น รากนี้หากยึดกับต้นไม้จะไม่แทงรากเข้าไปในลำต้นของพืชที่เกาะ เช่น พริกไทย พลูต่าง

พลู

4. ลำต้นเปลี่ยนเป็นหนาม (stem spine) : เป็นลำต้นที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นหนามรวมทั้งข้อเกี่ยว

เพื่อใช้สำหรับไต่ขึ้นที่สูงและทำหน้าที่ป้องกันอันตราย โดยหนามแตกออกมาจากบริเวณซอกใบ

เช่น เพื่อง่า ไมยราบ

2) ลำต้นใต้ดิน (underground stem) เป็นลำต้นที่เจริญอยู่ใต้ระดับผิวดิน ลำต้นใต้ดินของพืชหลายชนิดทำหน้าที่พิเศษในการสะสมอาหาร ซึ่งลำต้นมีขนาดใหญ่ อวบหนา มักจะสะสมแป้งหรือน้ำมันไว้ในเซลล์

หากแบ่งลำต้นใต้ดินตามลักษณะรูปร่าง สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายแบบ ดังนี้



▲ ภาพที่ 1.35 ลำต้นของขิง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

เหง้า (rhizome)

ลำต้นที่อยู่ใต้ดิน เห็นข้อปล้องชัดเจน ตามข้อมีใบสีน้ำตาล ลักษณะเป็นเกล็ดเรียกว่า ใบเกล็ด หุ้มตาเอาไว้ มีรากงอกออกจากเหง้า ตาแตกแขนงเป็นใบอยู่เหนือดิน หรืออาจเป็นลำต้นอยู่ใต้ดิน เช่น ขิง ข่า ขมิ้น



▲ ภาพที่ 1.36 ลำต้นของเผือก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

หัว (corm)

ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง เก็บอาหารไว้ในลำต้น จึงมีลักษณะอวบใหญ่ ทางด้านล่างมีรากเส้นเล็ก ๆ หลายเส้น ที่ข้อมีใบเกล็ดบาง ๆ หุ้ม ตาแตกออกมาจากข้อ มีใบชูขึ้นสูงหรืออาจเป็นลำต้นใต้ดินต่อไป เช่น เผือก แห้ว



▲ ภาพที่ 1.37 หอม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

หัวกลีบ (bulb)

ลำต้นที่มีลักษณะตั้งตรง มีข้อปล้องสั้นมาก ตามปล้องมีใบเกล็ด ทำหน้าที่สะสมอาหารซ้อนห่อหุ้มลำต้นไว้หลายชั้นจนเห็นเป็นหัวลักษณะกลม ใบชั้นนอกสุดจะลีบแบนไม่สะสมอาหาร ส่วนด้านล่างของลำต้นมีรากเป็นกระจุก เช่น หอม กระเทียม



▲ ภาพที่ 1.38 มันฝรั่ง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

หัวแบบมันฝรั่ง (tuber)

ลำต้นที่ประกอบด้วยข้อและปล้อง 3 - 4 ปล้อง ไม่มีใบ ภายในลำต้นมีอาหารสะสม ทำให้อวบกลม บริเวณปล้องมีตาซึ่งตามักจะงอกออกไป ตาเหล่านี้สามารถงอกเป็นต้นใหม่ได้ เช่น มันฝรั่ง

2.3 โครงสร้างและหน้าที่ของใบ

ใบเป็นอวัยวะที่เจริญออกไปบริเวณด้านข้าง อยู่บริเวณข้อปล้องของลำต้นและกิ่งทำหน้าที่หลักในสร้างอาหารโดยการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. โครงสร้างและการเจริญเติบโตของใบ ใบต้องมีโครงสร้างที่เอื้อต่อการรับแสง การแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และการลำเลียงน้ำ สารอาหาร และอาหารที่เหมาะสม



โครงสร้างของใบ

1 โครงสร้างภายนอกของใบ

- 1 ก้านใบ (petiole) : อยู่ระหว่างตัวใบและลำต้น ซึ่งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักมีก้านใบแผ่เป็นแผ่นหุ้มข้อของลำต้น เรียกว่า กาบใบ (leaf sheath)
- 2 แผ่นใบ (blade) : ส่วนที่เป็นแผ่นแบน โดยมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช
- 3 เส้นใบ (vein) : ประกอบด้วยท่อไซเล็มและท่อโฟลเอ็มเรียงตัวอยู่
- 4 หูใบ (stipule) : เป็นส่วนที่ยื่นออกมาตรงโคนใบที่ติดกับลำต้น ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับตาอ่อน พบทั่วไปในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่ไม่ค่อยพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว หูใบมักมีอายุไม่นานและจะหลุดร่วงไป



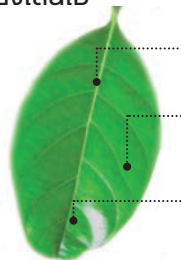
▲ ภาพที่ 1.39 โครงสร้างและส่วนประกอบของใบพืช ที่มา : คลังภาพ อจท.



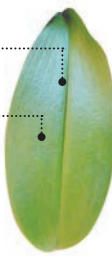
ลักษณะการจัดเรียงเส้นใบ

พืชใบเลี้ยงคู่

เส้นใบจะแยกออกจากเส้นกลางใบ และแตกแขนงเป็นร่างแห



เส้นกลางใบ
เส้นใบ
เส้นใบย่อย



พืชใบเลี้ยงเดี่ยว

เส้นใบจะเรียงขนานหรือตั้งฉากกับเส้นกลางใบ โดยไม่มีการแตกแขนงเป็นร่างแห



แพลิสเดมีโซฟิลล์ (palisade mesophyll) : อยู่ติดกับเอพิเดอร์มิสด้านบน ประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่างยาวเรียงตัวกันในแนวตั้งฉากกับเอพิเดอร์มิส โดยไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ ภายในเซลล์มีคลอโรพลาสต์อยู่จำนวนมาก จึงเป็นบริเวณที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด

สปอนจีมีโซฟิลล์ (spongy mesophyll) : อยู่ถัดลงมาจากแพลิสเดมีโซฟิลล์จนถึงเอพิเดอร์มิสด้านล่าง ประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม เรียงตัวหลวม ๆ อย่างไม่เป็นระเบียบ ภายในเซลล์มีคลอโรพลาสต์จำนวนมากแต่น้อยกว่าแพลิสเดมีโซฟิลล์

2 โครงสร้างภายในของใบ

- 1 **เอพิเดอร์มิส (epidermis)** : อยู่ชั้นนอกสุดของใบทั้งด้านบน หรือหลังใบ (upper epidermis) และด้านล่าง หรือท้องใบ (lower epidermis) ประกอบด้วยเซลล์ผิวเซลล์คุม และอาจมีขน มีคิวทินเคลือบที่ด้านบนเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำออกจากใบ โดยเอพิเดอร์มิสด้านบนมักมีคิวทินเคลือบหนากว่าเอพิเดอร์มิสด้านล่าง
- 2 **กลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle)** : แทรกอยู่ในชั้นมีโซฟิลล์ ในบริเวณก้านใบ เส้นใบ และเส้นใบย่อย ประกอบด้วยไซเล็มและโฟลเอ็ม ในพืชบางชนิดมัดท่อลำเลียงจะล้อมรอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า **บันเดิลชีท (bundle sheath)** ซึ่งช่วยให้มัดท่อลำเลียงแข็งแรงขึ้น
- 3 **มีโซฟิลล์ (mesophyll)** : อยู่ระหว่างเอพิเดอร์มิสด้านบนและด้านล่าง ประกอบด้วยเซลล์พาเรเนไคม่าที่มี **คลอโรพลาสต์ (chloroplast)** ซึ่งมีรูปร่างต่างกัน 2 แบบ ได้แก่



กิจกรรม

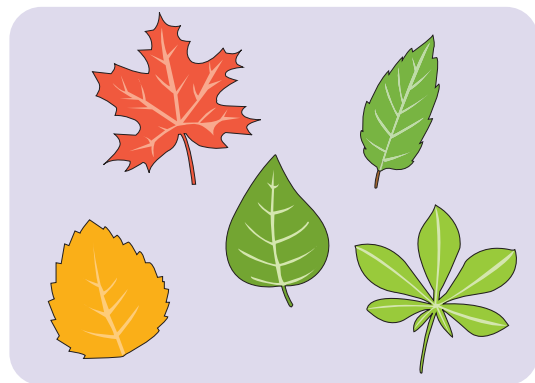
ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- จิตวิทยาศาสตร์
- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ
- การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์



วิธีปฏิบัติ

ตอนที่ 1 ศึกษาโครงสร้างภายนอกของใบ



▲ ภาพที่ 1.40 กิจกรรมโครงสร้างภายนอกและภายในของใบไม้ ตอนที่ 1
ที่มา : คลังภาพ อจท.

1. นำใบไม้ชนิดต่าง ๆ มาศึกษาและสังเกตองค์ประกอบภายนอก บันทึกผลและวาดภาพรูปร่างของใบไม้ที่นำมาศึกษา
2. สังเกตลักษณะการจัดเรียงของเส้นใบ และนับจำนวนก้านใบ บันทึกผล (ใช้แว่นขยายศึกษารายละเอียดของใบในกรณีที่มีขนาดเล็ก)
3. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะโครงสร้างภายนอกของใบ เพื่อระบุประเภทของพืช

โครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของใบไม้



จุดประสงค์

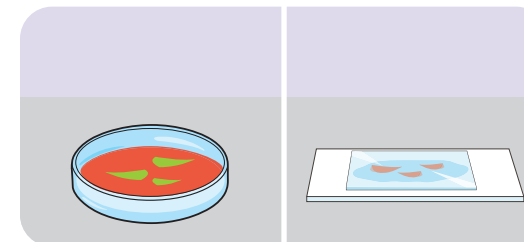
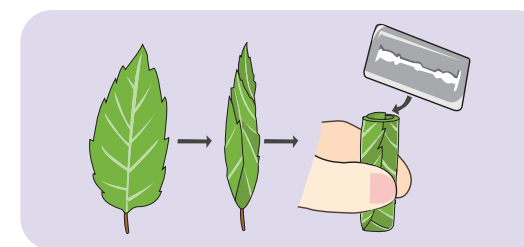
1. สังเกตและระบุประเภทของพืชจากโครงสร้างภายนอกของใบได้
2. ศึกษาโครงสร้างภายในของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงได้



วัสดุอุปกรณ์

1. ใบไม้ชนิดต่าง ๆ
2. ใบมีดโกน
3. สีชาฟรานีน หรือสีผสมอาหารความเข้มข้น 1%
4. ฟู่กัน เข็มเย็บ จานเพาะเชื้อ และหลอดหยด
5. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
6. แว่นขยาย
7. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

ตอนที่ 2 ศึกษาโครงสร้างภายในของใบ



▲ ภาพที่ 1.41 กิจกรรมโครงสร้างภายนอกและภายในของใบไม้ ตอนที่ 2
ที่มา : คลังภาพ อจท.



คำถามท้ายกิจกรรม

1. ลักษณะภายนอกของใบที่เห็นสามารถจำแนกได้หรือไม่ว่า พืชชนิดใดเป็นพืชใบเลี้ยงคู่และพืชชนิดใดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
2. โครงสร้างภายในของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
3. โครงสร้างและการเรียงตัวของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ สัมพันธ์กับหน้าที่ของใบหรือไม่



อภิปรายผลกิจกรรม

จากการศึกษาโครงสร้างภายนอกของใบพืช พบว่า ใบพืชแต่ละชนิดมีลักษณะที่เหมือนกัน คือ ใบประกอบด้วย ก้านใบ แผ่นใบ เส้นกลางใบที่แยกออกเป็นเส้นใบ และหูใบ แต่พืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีการเรียงเส้นใบต่างไปจากพืชใบเลี้ยงคู่ คือ เส้นใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะเรียงขนานหรือตั้งฉากกับเส้นกลางใบ โดยไม่มีการแตกแขนง ส่วนพืชใบเลี้ยงคู่เส้นใบจะแยกออกจากเส้นกลางใบและแตกแขนงเป็นร่างแห เมื่อนำใบพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมาตัดตามขวางแล้วศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ลักษณะการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อชั้นมีไซโทพลาสต์แตกต่างกัน รวมทั้งกลุ่มมัดท่อลำเลียงด้วย

2. ชนิดและหน้าที่ของใบ หน้าที่หลักของใบพืช คือ สร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำ นอกจากนี้ใบพืชยังมีหน้าที่อื่น ๆ อีกตามชนิดของใบ ดังนี้

1) ใบเลี้ยง (cotyledon) ทำหน้าที่สะสมอาหารเพื่อเลี้ยงต้นอ่อนขณะงอก โดยพืชใบเลี้ยงคู่มีใบเลี้ยง 2 ใบ แต่ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีใบเลี้ยงเพียงใบเดียว

2) ใบแท้ (foliage leaf) เป็นส่วนของพืชที่เกิดจากตาใบทำหน้าที่สร้างอาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้



▲ ภาพที่ 1.42 ตัวอย่างภาพบน คือ พืชใบเดี่ยว (ใบมะม่วง) และภาพล่าง คือ พืชใบประกอบ (ใบมะขาม)
ที่มา : คลังภาพ อจท.



- ใบเดี่ยว (simple leaf) คือ ใบที่มีแผ่นใบเพียงแผ่นเดียว หรือใบเดี่ยวติดอยู่กับก้านใบที่แตกออกมาจากลำต้นหรือกิ่ง เช่น กัลยชมพู มะม่วง ใบเดี่ยวบางชนิดถึงแม้จะมีลักษณะหยักเว้ามากจนคล้ายกับมีใบย่อยเกิดขึ้น แต่เนื้อเยื่อของแผ่นใบยังไม่แห้วจนหลุดออกจากกัน จึงถือว่าเป็นใบเดี่ยว เช่น มะละกอมันสำปะหลัง พักทอง ตำลึง ตาล

- ใบประกอบ (compound leaf) คือ ใบที่แยกออกเป็นใบเล็ก ๆ ตั้งแต่ 2 ใบขึ้นไป ติดอยู่กับก้านใบก้านเดียวเรียกว่า ใบย่อย (leaflet) ก้านใบของใบย่อยเรียกว่า ก้านใบย่อย (petiolule) ใบประกอบของพืชบางชนิด เช่น ใบมะขาม กระถิน มะพร้าว จะมีแกนกลางต่อจากปลายก้านใบและมีใบย่อยเรียงกันเป็นแถวบนแกนกลางนั้น แต่ใบประกอบบางชนิด เช่น ใบหนวดปลาหมึก จะไม่มีแกนกลาง ใบย่อยจึงติดอยู่บริเวณปลายก้านใบในตำแหน่งเดียวกัน

3) ใบที่เปลี่ยนแปลงไป (modified leaf) พืชบางชนิดอาจมีใบที่มีหน้าที่พิเศษ ทำให้ใบมีการเปลี่ยนแปลงไปจากใบแท้ที่มีลักษณะแผ่นแบนไปเป็นลักษณะอื่นที่เหมาะสมกับหน้าที่ เช่น

- ใบสะสมอาหาร (storage leaf) คือ ใบที่เปลี่ยนแปลงเป็นแหล่งเก็บสะสมอาหาร จึงมีลักษณะอวบหนา เช่น ใบว่านหางจระเข้

- ใบประดับ (bract) คือ ใบที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อรองรับดอก ส่วนมากอยู่บริเวณก้านดอก มีสีเขียว พืชบางชนิดมีใบประดับที่สีสวยงามคล้ายกลีบดอก ทำหน้าที่ล่อแมลง เช่น หน้าวัว คริสต์มาส เฟื่องฟ้า



▲ ภาพที่ 1.43 ใบประดับของดอกหน้าวัว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- ใบเกล็ด (scale leaf) คือ ใบที่เปลี่ยนมาจากใบแท้เพื่อทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับตาและยอดอ่อน พบในเผือก ต้นพีแคน ชิงช้า หัวจัน



▲ ภาพที่ 1.44 ทุ่นลอยของผักตบชวา
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- ทุ่นลอย (floating leaf) พืชน้ำบางชนิดสามารถลอยน้ำอยู่ได้ โดยอาศัยก้านใบพองโตออก ภายในมีเนื้ออยู่กันอย่างหลวม ๆ และมีช่องว่างอากาศทำให้มีอากาศอยู่มาก จึงช่วยพยุงให้ลำต้นลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวา

- มือเกาะ (leaf tendril) คือ ใบที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นมือเกาะเพื่อยึดและพยุงลำต้นให้สูงขึ้น อาจเปลี่ยนแปลงมาจากใบทั้งใบหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของใบ เช่น บานบุรีสีม่วง มะระ ดองดึง หวายลิง



▲ ภาพที่ 1.45 ใบของต้นองุ่นที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นมือเกาะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- หนาม (leaf spine) คือ ใบที่เปลี่ยนแปลงเป็นหนาม เพื่อป้องกันอันตรายจากสัตว์ และลดการคายน้ำ ซึ่งหนามที่เกิดอาจมีการเปลี่ยนแปลงทั้งใบกลายเป็นหนาม หรือบางส่วนของใบกลายเป็นหนาม เช่น หนามของต้นเหือกปลาหมอเปลี่ยนแปลงมาจากขอบใบ และหูใบ หนามของต้นกระบองเพชรเปลี่ยนแปลงมาจากใบ หนามมะขามเทศเปลี่ยนแปลงมาจากหูใบ



▲ ภาพที่ 1.46 ใบของต้นกระบองเพชรที่ลดรูปกลายเป็นหนาม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- ใบกับดักแมลง (carnivorous leaf) คือ ใบที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นกับดักแมลงหรือสัตว์เล็ก ภายในกับดักจะมีต่อมสร้างน้ำย่อยอาหารจำพวกโปรตีน พบในต้นกาบหอยแครง หม้อข้าวหม้อแกงลิง หยาดน้ำค้าง เป็นต้น



▲ ภาพที่ 1.47 ต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง มีหม้อที่บรรจุของเหลวที่มีลักษณะเป็นน้ำหรือน้ำเชื่อม ใช้สำหรับให้เหยื่อจมน้ำตายและย่อยเหยื่อ
ที่มา : คลังภาพ อจท.



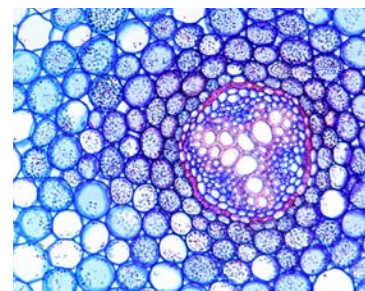
▲ ภาพที่ 1.48 หยาดน้ำค้างมีต่อมหนวดที่มีสารเหนียวใช้ดักจับและย่อยเหยื่อ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- ใบขยายพันธุ์ (reproductive organ) คือ ใบที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อช่วยขยายพันธุ์ โดยบริเวณของใบมีลักษณะเว้าเข้าเล็กน้อย และมีตาที่งอกต้นเล็กๆ ออกมา เช่น ต้นโคมญี่ปุ่น เศรษฐีพันล้าน

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. วาสคิวลาร์แคมเบียมพบในอวัยวะใดของพืช
2. จากภาพที่ 1.49 พืชชนิดนี้มีการจัดเรียงเส้นใบเป็นอย่างไร และเนื้อเยื่อชนิดนี้พบในอวัยวะใดของพืช
3. โครงสร้างภายในลำต้นเมื่อตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
4. แก่นและกระดูกแตกต่างกันอย่างไร
5. ใบและลำต้นของกระบองเพชรแตกต่างไปจากพืชทั่วไปอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น



▲ ภาพที่ 1.49 เนื้อเยื่อพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Prior Knowledge

การคายน้ำของพืช
ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ใบ

3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืชเป็นกระบวนการสำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างอาหารและการลำเลียงสารของพืช

พืชมีการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำผ่านทางปากใบ โดยการเปิด-ปิดของปากใบมีผลต่อการแลกเปลี่ยนแก๊ส เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกต่ำกว่าภายในใบพืช จะทำให้น้ำระเหยเป็นไอน้ำออกมาทางปากใบ เรียกว่า การคายน้ำ (transpiration) การคายน้ำที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดแรงดึงภายในท่อลำเลียง เรียกว่า แรงดึงจากการคายน้ำ (transpiration pull)

การเปิด-ปิดของปากใบไม่ได้มีจุดประสงค์หลักในการแลกเปลี่ยนแก๊สเพื่อนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังทำให้พืชสามารถลำเลียงน้ำจากรากขึ้นไปถึงยอดโดยอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำในขณะที่ปากใบเปิดอีกด้วย

การคายน้ำนอกจากจะเกิดขึ้นที่บริเวณปากใบแล้วยังสามารถเกิดขึ้นได้บริเวณช่องอากาศที่เรียกว่า เลนทิเซล (lenticel) ซึ่งเป็นรอยแตกที่เปลือกของลำต้นพืช โดยจะมีพืชบางชนิดเท่านั้นที่มีเลนทิเซล ส่วนใหญ่พบในพืชที่มีการเติบโตทุติยภูมิ เช่น มะยม หม่อน



▲ ภาพที่ 1.50 ลักษณะของเลนทิเซล ที่พบบนลำต้นพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

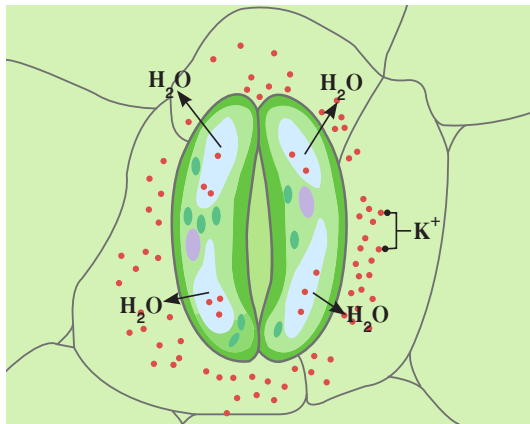
Biology Focus

ตำแหน่งของปากใบ

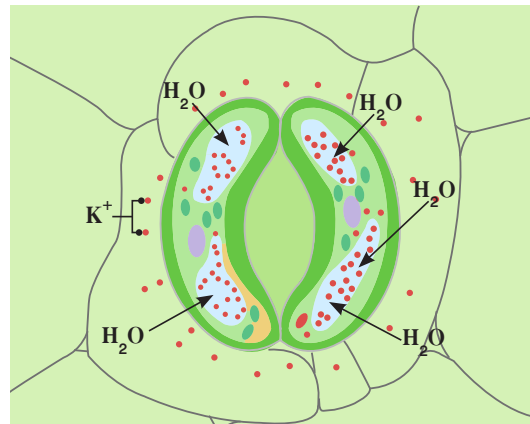
- ตำแหน่งปากใบพืชสามารถพบได้ 3 รูปแบบ ดังนี้
 1. ปากใบแบบธรรมดา (ordinary stoma) เป็นปากใบของพืชทั่วไปที่เจริญในบริเวณที่มีน้ำสมบูรณ์ ปากใบลักษณะนี้เซลล์คุมและเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวอยู่ในระดับเดียวกัน
 2. ปากใบแบบจม (sunken stoma) เป็นปากใบของพืชที่อยู่ในบริเวณที่แห้งแล้ง ปากใบลักษณะนี้เซลล์คุมอยู่ในระดับต่ำกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว
 3. ปากใบแบบยกสูง (raised stoma) เป็นปากใบของพืชที่เจริญอยู่ในน้ำหรือบริเวณที่มีน้ำมาก ปากใบลักษณะนี้เซลล์คุมจะถูกยกขึ้นในระดับที่สูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว

การคายน้ำของพืชส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณปากใบ จากการศึกษพบว่า ปากใบในชั้นเอพิเดอร์มิส ประกอบด้วย เซลล์คุม (guard cell) อยู่กันเป็นคู่ ๆ 2 เซลล์ จะหันด้านเว้า และมีความหนามากกว่า มาประกบกันทำให้เกิดช่องว่าง เรียกว่า รูปากใบ (stomatal pore)

การเปิด-ปิดของปากใบขึ้นอยู่กับความเต่งของเซลล์คุม โดยการเต่งของเซลล์คุมเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของสารละลายภายในเซลล์ เมื่อพืชได้รับแสงจะมีการลำเลียงโพแทสเซียมไอออนเข้าสู่เซลล์คุมในปริมาณมาก ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์คุมเพิ่มขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจึงออสโมซิสเข้าสู่เซลล์คุม ทำให้เซลล์คุมเต่งจนมีลักษณะโค้งมากขึ้นทำให้ปากใบเปิด ในทางตรงข้ามเมื่อไม่ได้รับแสง การลำเลียงโพแทสเซียมไอออนเข้าสู่เซลล์คุมลดลง ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์คุมจึงลดลง น้ำจึงออสโมซิสออกจากเซลล์คุมทำให้เซลล์คุมสูญเสียความเต่งจนรูปากใบแคบลง ปากใบจึงปิด



▲ ภาพที่ 1.51 ลักษณะปากใบปิด
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.52 ลักษณะปากใบเปิด
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การเปิด-ปิดของปากใบส่งผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช โดยการเปิด-ปิดของปากใบจะขึ้นอยู่กับทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก

1. ปัจจัยภายนอก มีดังนี้

- **อุณหภูมิ** ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูง จะทำให้ปากใบเปิด เกิดการคายน้ำได้มากและรวดเร็วขึ้น เพราะอุณหภูมิที่สูงส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำในใบสูงขึ้น และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศก็ลดลง ทำให้น้ำระเหยออกจากใบได้มากและเร็วขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงจนเกินไปปากใบจะปิดเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ

- **ความเข้มของแสง** ในสภาพปกติ ถ้าความเข้มของแสงสูงขึ้นจะส่งผลให้ปากใบของพืชเปิดมากขึ้น เกิดการคายน้ำมากขึ้น ในทางตรงข้ามถ้าความเข้มของแสงลดลง รูปากใบของพืชจะแคบลงและทำให้พืชคายน้ำลดลง ในกรณีที่พืชขาดน้ำ แม้ว่าจะมีความเข้มของแสงสูง ปากใบของพืชจะปิด

- **ความชื้นในอากาศ** ถ้าความชื้นในอากาศลดลง จะเกิดความแตกต่างระหว่างความชื้นภายนอกและภายในใบมากขึ้น ทำให้อิทธิพลของการคายน้ำจากปากใบได้มากและเร็วขึ้น

- **แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์** ถ้านำพืชไปไว้ในบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติ รูปากใบของพืชจะแคบลง แม้ว่าจะมีแสงก็ตาม แต่ถ้านำพืชไปไว้ในบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ปากใบของพืชก็จะเปิดกว้างขึ้นถึงแม้ว่าจะไม่มีแสงก็ตาม

- **สภาพน้ำในดิน** ถ้าน้ำในดินมีปริมาณน้อยมากจนทำให้เกิดสภาวะเครียดพืชจะสังเคราะห์กรดแอบไซซิก (abscisic acid; ABA) ขึ้น ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง ทำให้รูปากใบปิดเพื่อลดการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ

- **ความกดอากาศ** ในบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ อากาศจะบางลงและมีความหนาแน่นน้อย ทำให้อิทธิพลของการคายน้ำจากปากใบได้มากขึ้น แต่ถ้าความกดอากาศสูง อากาศจะมีความหนาแน่นมากทำให้อิทธิพลของการคายน้ำจากปากใบได้น้อยลง

- **กระแสลม** กระแสลมที่พัดผ่านใบทำให้ความกดอากาศบริเวณใบลดลง แสงมีผลให้อิทธิพลของการคายน้ำจากปากใบได้มากขึ้น ขณะเดียวกันกระแสลมจะช่วยพัดพาไอน้ำที่ระเหยออกจากใบรวมทั้งที่อยู่รอบ ๆ ใบ ให้หลุดจากผิวใบ ทำให้การระเหยของไอน้ำออกจากใบมากขึ้นเช่นกัน

2. ปัจจัยภายใน ดังนี้

- **ขนาดและรูปร่างของใบ** ใบพืชที่มีขนาดใหญ่และกว้างจะมีการคายน้ำมากกว่าใบเล็กแคบ

- **การจัดเรียงตัวของใบ** ถ้าพืชหันทิศทางอยู่ในมุมที่ตรงกันข้ามกับแสงอาทิตย์เป็นมุมแคบ จะเกิดการคายน้ำน้อยกว่าใบที่อยู่ในมุมที่ตรงกันข้ามกับแสงอาทิตย์เป็นมุมกว้าง

- **จำนวนราก** พืชที่มีรากจำนวนมาก จะคายน้ำมาก เนื่องจากอัตราการดูดซึมน้ำจะมีมาก



Biology Focus

สภาพของน้ำในดิน

- ภายใต้นดินจะมีช่องว่างซึ่งมีน้ำและอากาศเป็นองค์ประกอบ แบ่งออกเป็น 5 สภาวะ ได้แก่
 1. สภาวะดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ได้แก่ ดินที่อยู่ในสภาวะน้ำขัง
 2. สภาวะดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ได้แก่ ดินที่ใช้ทำเกษตรกรรมทั่วไป
 3. สภาวะความจุความชื้นภาคสนาม คือ สภาวะของดินที่สามารถอุ้มน้ำหรือดูดซับน้ำได้มากที่สุด ซึ่งอยู่ในช่วงความลึกจากผิวดินลงไป 6 นิ้ว
 4. สภาวะน้ำเยื่อ เป็นสภาวะที่น้ำจะอยู่ในรูปเยื่อบาง ๆ รอบอนุภาคดิน ซึ่งเป็นพืชที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์
 5. สภาวะจุดเหี่ยวถาวรของพืช เป็นสภาวะที่ช่องว่างของดินมีขนาดเล็ก มีปริมาณน้ำอยู่น้อย ประกอบกับมีแรงยึดระหว่างดิน จึงทำให้พืชเหี่ยวถาวร



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- จิตวิทยาศาสตร์
- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ
- การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

วิธีปฏิบัติ

1. นำขวดมา 2 ขวด ใส่น้ำประมาณ 300 ml ให้เท่ากัน แล้วระบุหมายเลข 1 และ 2 ตามลำดับ
2. นำกิ่งไม้ที่มีใบมา 2 ก้าน มาใส่ในขวดน้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยกิ่งทั้งสองต้องมีขนาดใบเท่ากัน
3. ทาไขมันพืชบนผิวใบไม้ในขวดที่ 1
4. นำถุงพลาสติกใสมาครอบกิ่งไม้ทั้ง 2 ขวด แล้วมัดปากถุงด้วยหนังยาง ตั้งทิ้งไว้กลางแจ้ง 1 ชั่วโมง
5. สังเกตและเปรียบเทียบปริมาณไอน้ำจากการเปลี่ยนแปลง ทุก ๆ 5 10 20 30 45 และ 60 นาที ตามลำดับ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. รูปแบบการคายน้ำของพืชเป็นอย่างไร
2. จากกิจกรรมการคายน้ำของพืชในขวดที่ 1 และ ขวดที่ 2 ให้ผลเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

จากกิจกรรม พบว่า พืชคายน้ำในรูปแบบของไอน้ำ โดยอัตราการคายน้ำของพืชในขวดที่ 2 มากกว่าพืชในขวดที่ 1 เนื่องจากใบพืชในขวดที่ 2 มีสภาพปกติ เมื่อวางไว้กลางแจ้งจะทำให้ปากใบเปิดได้ดี จึงทำให้พืชคายน้ำได้ดี ส่วนใบพืชในขวดที่ 1 ถูกเคลือบผิวใบด้วยน้ำมันพืช ทำให้ปากใบเปิดได้ไม่เต็มที่ จึงทำให้พืชคายน้ำได้ไม่ดี และมีอัตราการคายน้ำที่ต่ำกว่า

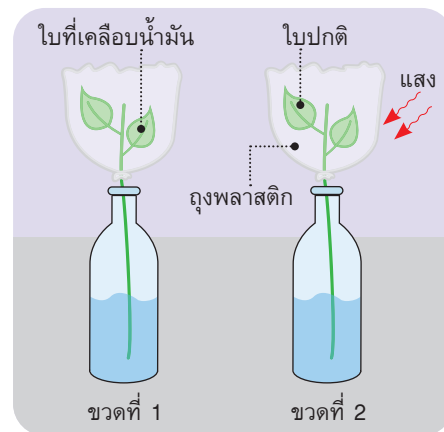
การคายน้ำของพืช

จุดประสงค์

1. ศึกษาแบบแผนการคายน้ำของพืช
2. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการคายน้ำของพืช

วัสดุอุปกรณ์

1. กิ่งไม้ที่มีใบไม้ติดอยู่ 2 กิ่ง
2. น้ำขวดละ 300 ml
3. ขวดน้ำ 2 ขวด
4. น้ำมันพืช
5. ถุงพลาสติกใส
6. หนังยาง



▲ ภาพที่ 1.53 กิจกรรมการคายน้ำของพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.



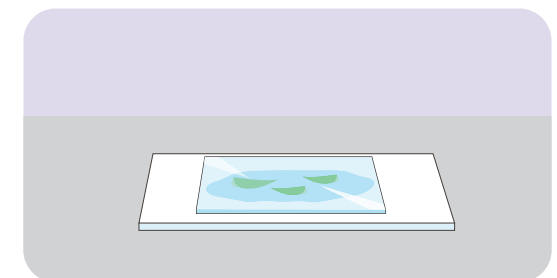
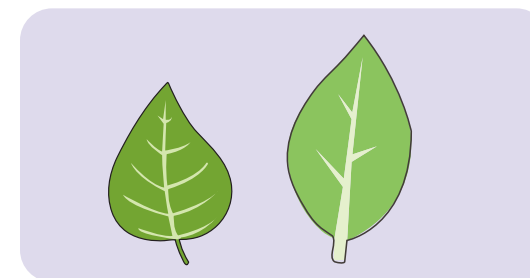
กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

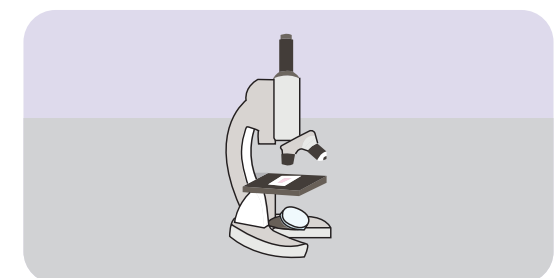
- การสังเกต
- การคำนวณ
- จิตวิทยาศาสตร์
- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ
- การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

วิธีปฏิบัติ

1. นำใบไม้สด 1-2 ชนิด มาลอกเยื่อผิวใบ โดยฉีกตามแนวทแยง ให้เห็นเยื่อเอพิเดอร์มิสด้านล่าง เป็นแผ่นบาง ๆ ลอกเยื่อนั้นมาศึกษา
2. ใช้ใบมีดโกนตัดเฉพาะส่วนที่บางใสและวางลงบนหยดน้ำบนสไลด์ แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์



3. นำสไลด์ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง บันทึกผลโดยการวาดภาพที่ปรากฏ และนับจำนวนปากใบชั้นเอพิเดอร์มิสด้านบน และด้านล่างของพืชแต่ละชนิด



▲ ภาพที่ 1.54 กิจกรรมปากใบของพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ปากใบของพืช

จุดประสงค์

ศึกษาลักษณะเซลล์คุมและปากใบพืชด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ใบพืชชนิดต่าง ๆ ชนิดละ 1 ใบ ดังนี้
 - พืชบก เช่น ชบา กุหลาบ กะเพรา ข้าวโพด หนุ่ยขน
 - พืชปริ่มน้ำ เช่น บัว ผักตบชวา
 - พืชใต้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก
 - พืชทนแล้ง เช่น สับปะรดสี ว่านหางจระเข้ ลิ้นมังกร
2. ใบมีดโกน
3. ฟู่กัน เข็มเย็บ
4. น้ำยาทาเล็บชนิดใส
5. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
6. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงได้ และปากคีบปลายแหลม

คำถามท้ายกิจกรรม

- ปากใบมีลักษณะอย่างไร เซลล์ที่เป็นองค์ประกอบของปากใบแตกต่างจากเซลล์อื่นๆ ในชั้นเอพิเดอร์มิสอย่างไร
- ความหนาแน่นของปากใบในชั้นเอพิเดอร์มิสด้านบนและด้านล่างของใบพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
- จงเปรียบเทียบความหนาแน่นของปากใบของพืชในแต่ละกลุ่ม

อภิปรายผลกิจกรรม

จากการศึกษา พบว่า ปากใบในชั้นเอพิเดอร์มิสประกอบด้วยเซลล์คู่อยู่กันเป็นคู่ๆ มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วหรือคล้ายไต เซลล์คู่ 2 เซลล์ จะหันด้านเว้าและมีความหนาแน่นมากกว่ามาประกบกันทำให้เกิดช่องว่าง เรียกว่า รูปากใบซึ่งในใบพืชทั่วๆ ไปมักมีปากใบทางเอพิเดอร์มิสด้านล่างมากกว่าด้านบน พืชที่มีใบอยู่ปรึมน้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอกไม่มีปากใบ และปากใบของพืชมีจำนวนแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช การคายน้ำของพืชเป็นกระบวนการรักษาคุณภาพเพื่อการปรับตัวให้มีชีวิตรอดในสภาวะที่ไม่เหมาะสม พืชแต่ละประเภทจึงมีรูปแบบการคายน้ำต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมเป็นสำคัญ

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- หากตัดใบพืชออกจนหมด พืชยังคงคายน้ำได้หรือไม่ อย่างไร
- แสงมีผลต่อการเปิดปิดของปากใบพืชอย่างไร
- จงเปรียบเทียบอัตราการคายน้ำของต้นจามจุรีที่ปลูกบริเวณริมถนนกับบริเวณอุทยาน
- หากปลูกพืชในสภาพดินที่ไม่อุ้มน้ำ พืชจะมีกลไกรักษาคุณภาพของน้ำอย่างไร
- เซลล์คุมและปากใบของสาหร่ายหางกระรอกและใบกะเพราเหมือนและแตกต่างกัน อย่างไร
- อัตราการคายน้ำของต้นมะม่วงในเวลาเช้าและบ่ายมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
- อัตราการคายน้ำมีผลต่อการดูดน้ำและธาตุอาหารของพืชหรือไม่ อย่างไร
- ความกดอากาศมีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืชอย่างไร
- จงเปรียบเทียบอัตราการคายน้ำระหว่างใบของต้นมะม่วงกับใบของต้นคุณนายตื่นสาย
- การจัดเรียงตัวของเส้นใบมีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืชอย่างไร

Prior Knowledge

เนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืชคืออะไร

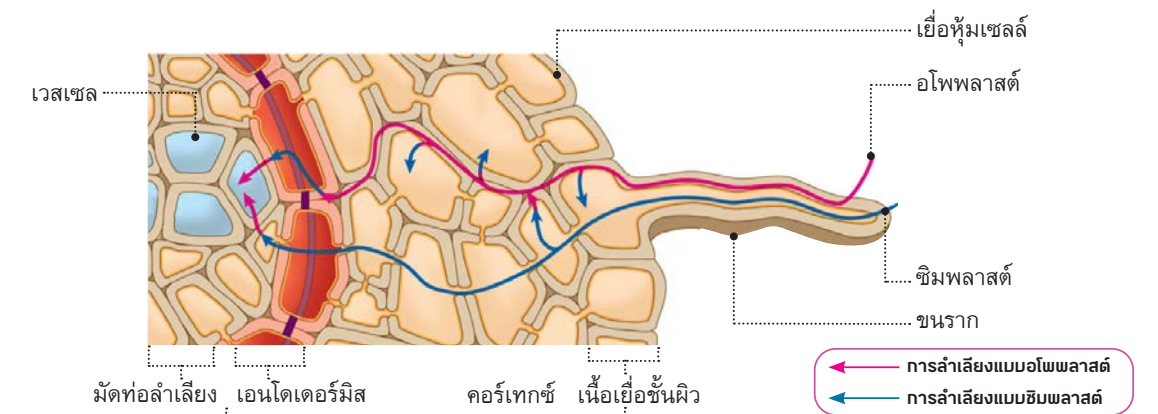
4 การลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช

มอส เป็นพืชขนาดเล็กที่ไม่มีท่อลำเลียง แต่เซลล์ทุกเซลล์ของมอสได้รับน้ำอย่างทั่วถึงด้วยการแพร่ของน้ำจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง ส่วนพืชที่เป็นพืชขนาดใหญ่และมีความสูง จำเป็นต้องมีท่อลำเลียงน้ำหรือไซเล็มสำหรับลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากรากไปยังส่วนต่างๆ ของพืช

โดยปกติแล้วสารละลายภายในเซลล์ขนรากมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอก ดังนั้น น้ำในดินจะออสโมซิสและแพร่แบบฟาซิลิตेटเข้าสู่เซลล์ขนราก โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในรากเริ่มตั้งแต่เซลล์ขนรากและลำเลียงผ่านชั้นคอร์เทกซ์ซึ่งมีชั้นเอนโดเดอร์มิสเป็นชั้นในสุดผ่านเพริไซเคิลและเข้าสู่ไซเล็ม ตามลำดับ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวระนาบแล้วลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของพืชในแนวตั้ง ทิศทางการเคลื่อนที่ดังกล่าวเกิดขึ้น 2 แบบ ดังนี้

1. แบบอโปพลาสต์ (apoplast) น้ำในดินจะเข้าสู่รากผ่านชั้นคอร์เทกซ์ของรากไปจนถึงชั้นเอนโดเดอร์มิสโดยน้ำจะผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งทางผนังเซลล์ หรือผ่านทางช่องว่างระหว่างเซลล์

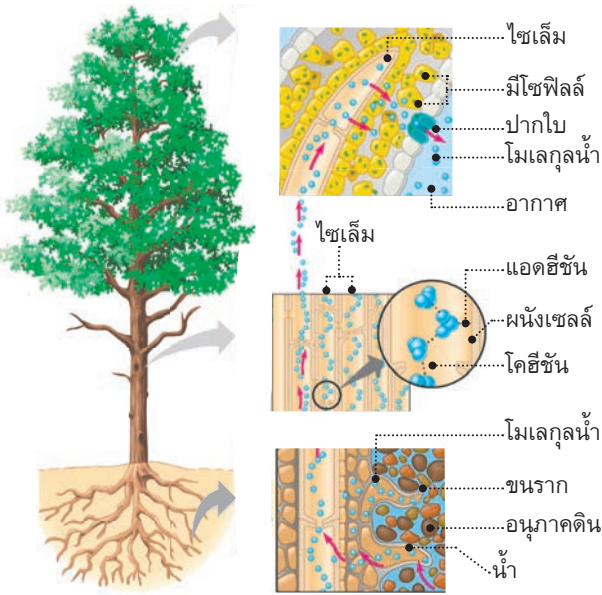
2. แบบซิมพลาสต์ (symplast) น้ำจะเคลื่อนผ่านเซลล์หนึ่งผ่านไปอีกเซลล์หนึ่งทางไซโทพลาซึม พลาสโมเดสมิตา และเยื่อหุ้มเซลล์ ผ่านชั้นเอนโดเดอร์มิสก่อนเข้าสู่ไซเล็มต่อไป



▲ ภาพที่ 1.55 การเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่ท่อไซเล็ม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

น้ำถูกลำเลียงทั้งแบบอโปพลาสต์และแบบซิมพลาสต์ผ่านเซลล์ขนรากและเซลล์ต่างๆ ในชั้นคอร์เทกซ์ เมื่อมาถึงชั้นเอนโดเดอร์มิส น้ำที่ถูกลำเลียงไปแบบตามผนังเซลล์ด้านที่มีแถบแคสพารีเยนสตริปจะเปลี่ยนรูปแบบการลำเลียงเป็นแบบซิมพลาสต์เพื่อหลีกเลี่ยงแถบแคสพารีเยนสตริปที่มีคุณสมบัติกั้นน้ำก่อนเข้าสู่ท่อลำเลียงไซเล็ม

การลำเลียงน้ำในท่อไซเล็มเกิดขึ้นจากมีแรงดึงน้ำที่อยู่ในท่อไซเล็มขึ้นมาทดแทนน้ำที่พืชคายออกสู่บรรยากาศ แรงดึงนี้จะถูกถ่ายทอดไปยังราก ทำให้น้ำจากดินเข้ามาในท่อไซเล็มได้ โดยน้ำจะถูกลำเลียงอย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน เนื่องจากน้ำมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกันเอง เรียกว่า **แรงเชื่อมติด** หรือ **โคฮีชัน** (cohesion) นอกจากนี้ ยังมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับผนังของท่อไซเล็ม เรียกว่า **แรงยึดติด** หรือ **แอ็ดฮีชัน** (adhesion) เมื่อพืชมีการคายน้ำ น้ำในท่อไซเล็มจะสามารถเคลื่อนที่ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชได้



▲ ภาพที่ 1.56 การลำเลียงน้ำที่เกิดจากแรงดึงจากการคายน้ำ
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 1.57 ปรากฏการณ์กัตเตชัน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ในสภาวะที่บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงไม่สามารถเกิดการคายน้ำได้ตามปกติ เช่น ในเวลากลางคืนที่ปากใบปิด น้ำจะยังคงเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อไซเล็มของราก เนื่องจากรากพืชยังคงมีการดูดน้ำจากดินตลอดเวลา ทำให้เกิดแรงดันภายในรากเรียกว่า **แรงดันราก** (root pressure) ดันให้น้ำที่อยู่ภายในไซเล็มผ่านออกมาทางรูหยดน้ำ หรือ **ไฮดราโทด** (hydrathode) ซึ่งเป็นส่วนปลายของท่อไซเล็มอยู่บริเวณขอบใบหรือปลายใบของพืชในรูปหยดน้ำ เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า **กัตเตชัน** (guttation)

ไซเล็มของพืชนอกจากจะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำแล้ว ยังทำหน้าที่ในการลำเลียงสารอาหารอีกด้วย สารอาหารประกอบด้วยธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช การลำเลียงสารอาหารมีความซับซ้อนกว่าการลำเลียงน้ำ เนื่องจากเซลล์มักไม่ยอมให้สารอาหารเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกได้โดยอิสระ

พืชแต่ละชนิดต้องการชนิดและปริมาณของธาตุอาหารที่ต่างกัน ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ธาตุอาหารหลัก (macronutrients) เป็นสารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ประกอบด้วยธาตุ 9 ชนิด ได้แก่ ธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) มักพบในสารอินทรีย์ และธาตุอื่น ๆ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 : หน้าที่ของธาตุและอาการตอบสนองหรืออาการที่พืชแสดงออกเมื่อขาดธาตุอาหารหลัก		
ธาตุ	หน้าที่	อาการที่พืชแสดงออกเมื่อขาดธาตุอาหาร
ไนโตรเจน (N)	เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารภายในเซลล์ เช่น โปรตีน คลอโรฟิลล์ ATP กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก ฮอริโมน เป็นต้น	ใบเหลือง ใบมีขนาดเล็กลง ลำต้นแคระแกร็น และให้ผลผลิตต่ำ
โพแทสเซียม (K)	ควบคุมแรงดันออสโมติก รักษาสมดุลไอออน ควบคุมการสังเคราะห์น้ำตาล แป้ง และโปรตีน ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปสู่ผล	พืชจะไม่แข็งแรง ลำต้นอ่อนแอ ขอบใบและปลายใบไหม้
ฟอสฟอรัส (P)	ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของราก ควบคุมการออกดอก ออกผล และการสร้างเมล็ด	ระบบรากจะไม่เจริญเติบโต ใบแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงหรือสีม่วงแล้วกลายเป็นสีน้ำตาล และหลุดร่วง ลำต้นแคระแกร็นไม่ผลิดอกออกผล
แคลเซียม (Ca)	เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ช่วยในการแบ่งเซลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดกระตุ้นการงอกของเมล็ด	ใบที่เจริญใหม่จะหงิกงอ ตายอดไม่เจริญ อาจมีจุดดำที่เส้นใบ รากสั้นและผลแตก
แมกนีเซียม (Mg)	ช่วยเสริมสร้างสารคลอโรฟิลล์ ช่วยในการเคลื่อนย้ายธาตุฟอสฟอรัสและช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในพืช	ใบแก่จะเหลือง ยกเว้นเส้นใบเกิดจุดสีแดงบนใบ และใบจะร่วงหล่นเร็ว
กำมะถัน (S)	เป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน และวิตามินซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง และเมแทบอลิซึมของกรดไขมัน	ใบอ่อนและใบแก่จะมีสีเหลืองซีด และลำต้นอ่อนแอ

H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

แคสพาเรียนสติปในชั้นเอนโดเดอร์มิส ส่งผลต่อการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืชอย่างไร



แรงดึง
จากการคายน้ำ



2. ธาตุอาหารรอง (micronutrients) เป็นสารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่ไม่สามารถขาดได้ ประกอบด้วยธาตุ 9 ชนิด ได้แก่ คลอรีน (Cl) เหล็ก (Fe) โบรอน (B) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) โมลิบดีนัม (Mo) นิกเกิล (Ni) และซิลิคอน (Si)

ธาตุอาหารเหล่านี้จะละลายผสมกับน้ำภายในดินอยู่ในรูปสารละลาย ซึ่งจะถูกลำเลียงเข้าสู่ท่อไซเล็มไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของพืช ธาตุอาหารที่พืชลำเลียงเข้าไปในไซเล็มนั้นเป็นสารอนินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุอาหารหลายชนิด ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของพืช



▲ ภาพที่ 1.58 ใบของต้นที่ขาดฟอสฟอรัส (ภาพซ้าย) และขาดแมกนีเซียม (ภาพขวา)
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่ของน้ำแบบออสโมซิสเกิดขึ้นเมื่อใด และมีลักษณะอย่างไร
2. การเคลื่อนที่ของน้ำแบบซิมพลัสเกิดขึ้นเมื่อใด และมีลักษณะอย่างไร
3. พลาสโมเดสมาคืออะไร
4. ต้นสนอาศัยกลไกใดในการลำเลียงน้ำจากปลายรากไปสู่ปลายยอด
5. โคฮีชันและแอดฮีชันแตกต่างกันอย่างไร
6. ในสภาวะที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง จะส่งผลต่อแรงภายในท่อไซเล็มอย่างไร
7. ไฮดาโทดเหมือนหรือแตกต่างกับปากใบอย่างไร
8. หากดินมีธาตุอาหารน้อย รากพืชจะลำเลียงอาหารแบบใด
9. หากใบพืชที่เจริญใหม่หักงอ ตายอดไม่เจริญ มีจุดดำที่เส้นใบ พืชชนิดนี้ขาดธาตุอาหารอะไร
10. พืชต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร



Prior Knowledge

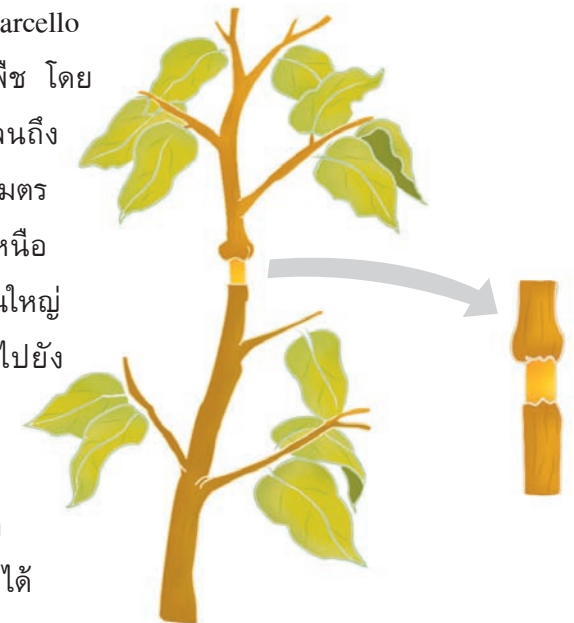
เนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่
ลำเลียงอาหารของพืช
ได้แก่อะไรบ้าง

5 การลำเลียงอาหารของพืช

การสร้างอาหารของพืชเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจนได้ผลผลิตเป็นน้ำตาล และมักสะสมอยู่ในรูปของแป้ง ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรต การสร้างอาหารของพืชส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ใบ แล้วลำเลียงอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช

5.1 การทดลองเกี่ยวกับผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ในปี พ.ศ. 2229 มาร์เซลโล มัลพิจี (Marcello Malpighi) ทดลองการลำเลียงอาหารของพืช โดยการควั่นลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ตั้งแต่เปลือกไม้จนถึงชั้นแคมเบียมออกห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วปล่อยทิ้งไว้ระยะหนึ่ง พบว่า บริเวณเหนือรอยควั่นมีลักษณะพองออก เพราะอาหารส่วนใหญ่ถูกสร้างขึ้นที่ใบ และจะถูกลำเลียงจากใบไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชเสมอ ถ้าตัดท่อลำเลียงอาหารของพืชด้วยการควั่นเปลือกนอกของลำต้นออกรอบทั้งลำต้น ทำให้อาหารที่ถูกลำเลียงลงมาจากใบไม่สามารถผ่านต่อไปได้ จึงสะสมอยู่บริเวณปลายสุดของท่อลำเลียงอาหาร

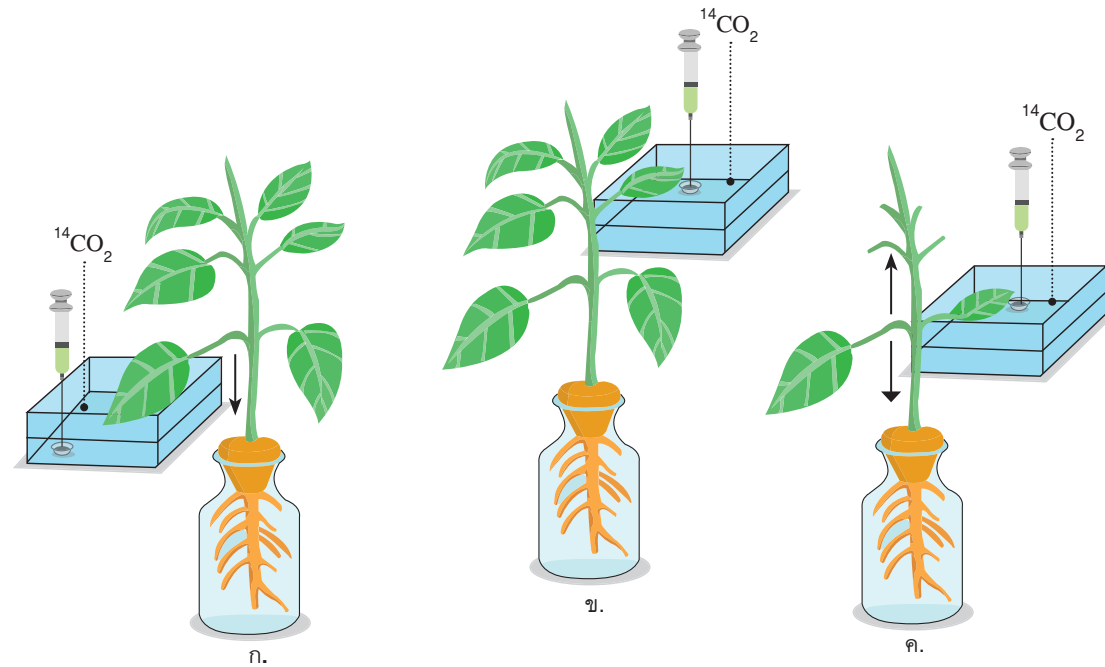


▲ ภาพที่ 1.59 การพองของเปลือกของลำต้นเหนือรอยควั่น
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ในปี พ.ศ. 2471 ที จี เมสัน (T.G. Mason) และ อี เจ มัสเคล (E.J. Maskell) ได้ศึกษาการทดลองของมัลพิจี และพบว่า รอยควั่นเปลือกต้นไม้ไม่มีผลต่อการคายน้ำเพราะไซเล็มยังสามารถลำเลียงน้ำได้

การศึกษาศาสตร์ทางการลำเลียงน้ำตาลในรูปของสารละลาย ซึ่งเป็นอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชภายในโฟลเอ็ม เพื่ออธิบายว่ามีทิศทางในการลำเลียงอย่างไร มีผู้ศึกษาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่มีธาตุกัมมันตรังสี ^{14}C เป็นองค์ประกอบ โดยการเตรียมคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของสารละลาย ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของสารละลายนี้จะระเหยเป็นแก๊ส เมื่อพืชเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงพืชจะนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นธาตุกัมมันตรังสี ^{14}C นี้ไปใช้

หลังจากทิ้งไว้ประมาณ 35 นาที นำพืชมาทำการแช่แข็ง (freeze-dried) เพื่อให้แห้ง จากนั้นหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วนำไปวางบนแผ่นฟิล์ม ถ่ายรูปในห้องมืด เมื่อล้างฟิล์มก็จะทราบได้ว่า ส่วนใดของพืชที่ได้รับสารกัมมันตภาพรังสี ซึ่งจะเป็นส่วนที่ตรวจพบว่ามีน้ำตาลที่มี ^{14}C อยู่



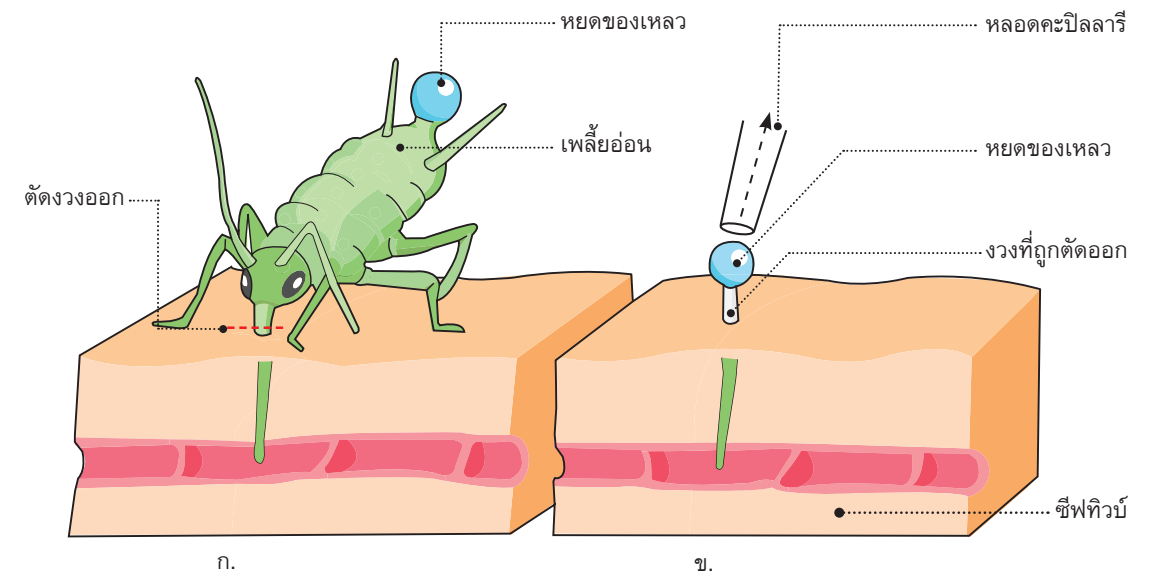
▲ ภาพที่ 1.60 การศึกษาการลำเลียงน้ำตาลในพืชโดยใช้ ^{14}C
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากการทดลองพบว่า พืชในภาพ ก. ตรวจพบน้ำตาลที่มี ^{14}C ที่ส่วนล่างของพืช พืชในภาพ ข. ตรวจพบน้ำตาลที่มี ^{14}C ที่ส่วนยอดของพืช และพืชในภาพ ค. เมื่อตั้งโบบนออก แล้วให้ ^{14}C ที่โบล่าง

ผลการทดลองตรวจพบ ^{14}C ทั้งที่ส่วนบนและส่วนล่างของพืช ส่วนใหญ่พบ ^{14}C ในซีฟทิวบี นั้นแสดงว่า พืชใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่รับเข้ามาทางรูปากใบเพื่อใช้สร้างอาหาร อาหารที่พืชสร้างขึ้นจะลำเลียงทางโฟลเอ็มได้ 2 ทิศทาง คือ ลำเลียงขึ้นไปสู่ยอดและลำเลียงลงไปสู่ราก ซึ่งต่างจากการลำเลียงน้ำในไซเล็มที่มีทิศทางเดียว คือ จากรากสู่ใบและยอด

ประมาณปี พ.ศ. 2496 เอ็ม เอช ซิมเมอร์แมน (M.H. Zimmerman) ศึกษาเกี่ยวกับการลำเลียงอาหารภายในโฟลเอ็ม พบว่าเพลี้ยอ่อน (aphids) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงตามใบและยอดอ่อนของพืช โดยสามารถใช้วงแทงเข้าไปถึงท่อโฟลเอ็มและดูดของเหลวภายในท่อออกมาได้

ซิมเมอร์แมนได้ทดลองวางยาสลบขณะที่เพลี้ยอ่อนกำลังดูดของเหลวโดยวงของเพลี้ยอ่อน ยังคงแทงอยู่ในเนื้อไม้และติดอยู่กับท่อลำเลียงโฟลเอ็ม จากนั้นตัดให้เหลือเพียงแต่ส่วนของวง แล้วใช้หลอดคะปิลลารีดูดของเหลวที่ยังคงไหลออกมาศึกษา พบว่า ของเหลวดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส และสารอื่น ๆ เช่น กรดอะมิโน ฮอร์โมน ธาตุอาหาร



▲ ภาพที่ 1.61 การศึกษาการลำเลียงอาหารภายในท่อโฟลเอ็ม
ภาพ ก. เพลี้ยอ่อนดูดของเหลวจากโฟลเอ็มจนมีหยดของเหลวออกมาที่กัน
ภาพ ข. ตัดวงของเพลี้ยอ่อนออกพบว่า ของเหลวยังคงไหลออกมาจากวง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Biology Focus

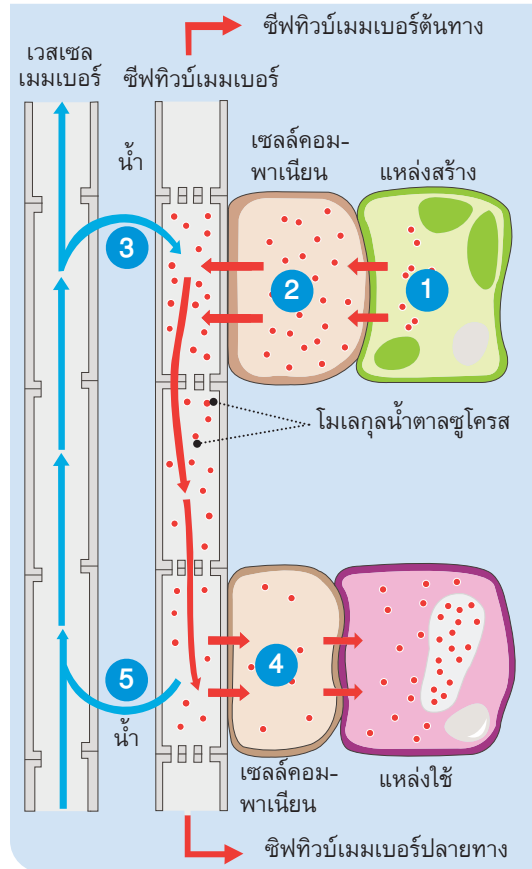
อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำตาลในโฟลเอ็ม

- ซิมเมอร์แมน เป็นนักชีววิทยาที่สนใจ และศึกษาความเร็วในการลำเลียงอาหารภายในท่อโฟลเอ็มโดยใช้คาร์บอน ^{14}C เป็นองค์ประกอบในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จากนั้นให้เพลี้ยอ่อนแทงวงเข้าไปในท่อโฟลเอ็มในตำแหน่งที่ต่างกัน ทำให้สามารถหาอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำตาลในโฟลเอ็มได้ ผลการศึกษาพบว่า น้ำตาลเคลื่อนที่ภายในท่อโฟลเอ็มด้วยความเร็วประมาณ 100 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

5.2 กลไกการลำเลียงอาหารของพืช



แบบจำลองกลไกการลำเลียงอาหารของเอนส์กัมบ์



▲ ภาพที่ 1.62 กลไกการลำเลียงอาหารของพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- 1 น้ำตาลถูกสร้างในแหล่งสร้าง (source) โดยน้ำตาลส่วนหนึ่งถูกลำเลียงออกมาในไซโทพลาซึมแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส ทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลภายในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น น้ำตาลจึงถูกลำเลียงไปยังเซลล์ข้างเคียงไปเรื่อย ๆ
- 2 ซูโครสเคลื่อนย้ายจากเซลล์ที่เป็นแหล่งสร้างไปยังโพลีเอม โดยเข้าสู่ซีฟทิวบ์เมมเบอร์ของโพลีเอม (อาศัยกระบวนการแอคทีฟทรานสปอร์ต) ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในซีฟทิวบ์เมมเบอร์ต้นทางสูงขึ้น
- 3 น้ำจากเซลล์ข้างเคียงออสโมซิสเข้าไปในซีฟทิวบ์เมมเบอร์ทำให้มีแรงดันสูงขึ้น ทำให้สารละลายน้ำตาลซูโครสลำเลียงไปตามซีฟทิวบ์เมมเบอร์จนถึงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งใช้ (sink)
- 4 ซูโครสออกจากซีฟทิวบ์เมมเบอร์เข้าสู่เซลล์ที่แหล่งใช้ด้วยกระบวนการแอคทีฟทรานสปอร์ตอีกครั้ง ทำให้ซีฟทิวบ์เมมเบอร์ปลายทางมีความเข้มข้นของสารละลายลดลง
- 5 น้ำจากซีฟทิวบ์เมมเบอร์ปลายทางออสโมซิสออกสู่เซลล์ข้างเคียง ส่งผลให้ซีฟทิวบ์เมมเบอร์ปลายทางมีแรงดันน้อยกว่าซีฟทิวบ์ปลายทางต้นทาง จึงมีการลำเลียงอาหารอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา



Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ทิศทางการลำเลียงน้ำกับอาหารของพืชเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
2. การลำเลียงอาหารและการลำเลียงน้ำของพืชเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
3. พืชลำเลียงอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ในรูปแบบใด
4. การลำเลียงอาหารของพืชจากแหล่งสร้างไปยังท่อลำเลียงใช้กระบวนการใด
5. การลำเลียงอาหารของพืชไปตามท่อลำเลียงอย่างต่อเนื่องใช้กระบวนการใด



การลำเลียง
อาหารของพืช



Biology in Real Life



น้ำยางพารา



หนังยาง หรือยางรัดแกง มีลักษณะเป็นวง มีความยืดหยุ่นสูง จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ใช้รัดผม ใช้ผูกสิ่งของ หรือยึดสิ่งของให้อยู่ด้วยกัน ซึ่งยางเหล่านี้ผลิตขึ้นมาจากอาหารของพืชเรียกว่า น้ำยาง

◀ ภาพที่ 1.63 การกรีดยางพารา
ที่มา : คลังภาพ อจท.

น้ำยางเป็นอาหารของต้นยางพาราที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง ได้แก่ โปรตีน เรซิน คาร์โบไฮเดรต และสารอินทรีย์อื่น ๆ โดยน้ำยางจะลำเลียงโดยท่อลำเลียงอาหาร (phloem) ที่มีชื่อเรียกว่า ท่อน้ำยาง (Latex vessel) ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญแคมเบียม (cambium) โดยการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อนี้จะแบ่งเซลล์ออกทางด้านนอกเป็นเปลือกยางซึ่งเป็นที่อยู่ของท่อน้ำยาง และถ้าแบ่งเซลล์เข้าทางด้านในจะเป็นเนื้อไม้ซึ่งเป็นที่อยู่ของท่อลำเลียงน้ำ



▲ ภาพที่ 1.64 ท่อน้ำยาง
ที่มา : <https://botweb.uwsp.edu>

การเรียงตัวของท่อน้ำยางจะเรียงตัวรอบลำต้นตามแนวตั้งเป็นชั้น ๆ โดยทั่วไปอยู่ในลักษณะเอียงไปทางขวาจากแนวตั้งเล็กน้อยประมาณ 2.1 - 2.7 องศา ดังนั้นจะเห็นว่าชาวสวนยางพาราจึงต้องกรีดเปลือกยางให้เป็นร่องจากซ้ายไปขวาตามแนวเฉียง เพื่อให้ตัดจำนวนท่อน้ำยางได้มาก และทำให้การไหลของน้ำยางอยู่ในอัตราความเร็วที่เหมาะสมและมีปริมาณสูง ซึ่งน้ำยางที่ได้จะถูกทำให้อยู่ในรูปของแผ่นยางก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น หนังยาง ยางรถยนต์ ยางลบ กุญยาง อนามัย



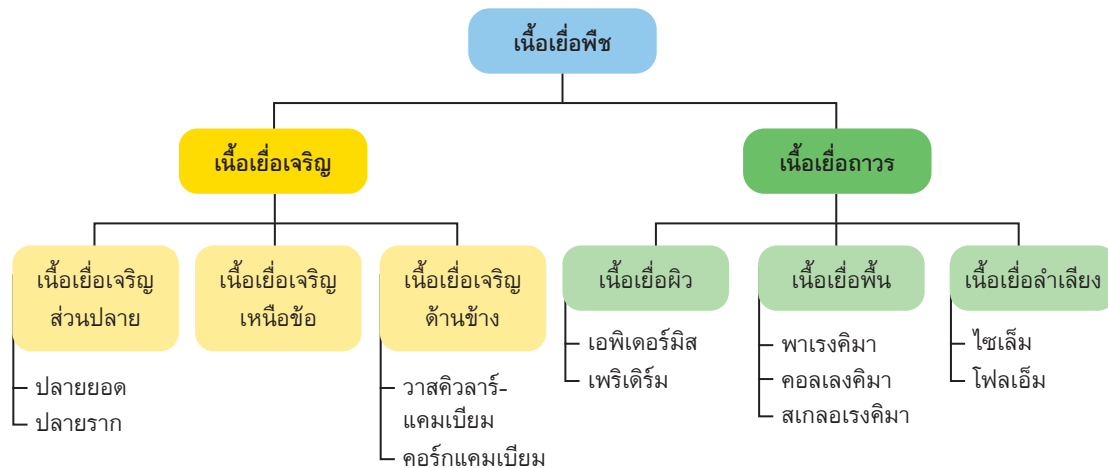
◀ ภาพที่ 1.65 หนังยาง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Summary

โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

เนื้อเยื่อพืช

เนื้อเยื่อพืช (plant tissue) เป็นกลุ่มเซลล์ของพืชหลายล้านเซลล์ที่มีลักษณะคล้ายกันมาอยู่รวมกันและทำหน้าที่เดียวกัน เนื้อเยื่อพืชแบ่งประเภทออกเป็นแผนผังได้ ดังนี้



อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะพืช

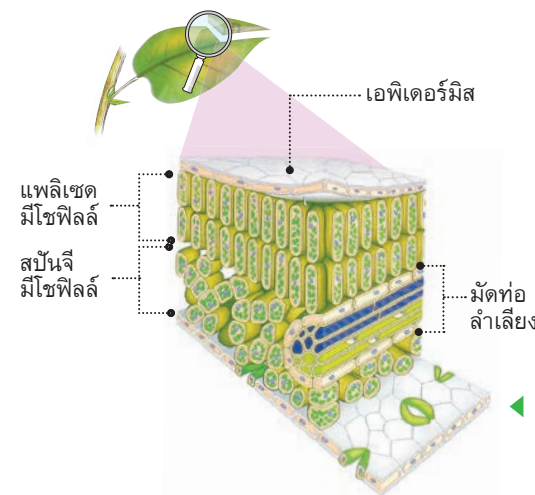
อวัยวะของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ และดอก ต่างทำหน้าที่กัน เพื่อให้พืชดำรงชีวิตอยู่ได้

ตารางที่ 1.2 : โครงสร้างและหน้าที่ของรากและลำต้นของพืช

อวัยวะ	หน้าที่	เนื้อเยื่อโครงสร้างภายใน	ภาพโครงสร้างภายใน	
			พืชใบเลี้ยงเดี่ยว	พืชใบเลี้ยงคู่
ราก	1. ดูดซึมน้ำและธาตุอาหาร 2. คำจุนและยึดส่วนต่าง ๆ ของพืช	1. เอพิเดอร์มิสมีขน 2. คอร์เทกซ์กว้าง 3. สตีลแคม 4. เอนโดเดอร์มิส 5. เพริไซเคิล	1. ไซเล็มเรียงเป็นแฉกมากกว่า 6 แฉก 2. ไม่มีการเติบโตขึ้นที่สองจึงไม่พบแคมเบียม	1. ไซเล็มเรียงเป็นแฉก 2-4 แฉก 2. มีการเติบโตขึ้นที่สองจึงพบแคมเบียมคั่นระหว่างท่อไซเล็มกับโฟลเอ็ม
	1. ชูกิ่งก้านและใบ 2. ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร 3. สะสมอาหาร 4. สังเคราะห์ด้วยแสง 5. ขยายพันธุ์	1. เอพิเดอร์มิสอาจมีขนหรือเปลี่ยนเป็นหนาม 2. คอร์เทกซ์แคบ 3. สตีลกว้าง	1. กลุ่มมัดท่อลำเลียงเรียงตัวกระจายทั่วลำต้น 2. ลำต้นกลวงเนื่องจากพืชรสลายกลายเป็นช่องพืชร	1. กลุ่มมัดท่อลำเลียงเรียงตัวในแนวรัศมี 2. มีการเติบโตขึ้นที่สองจึงพบแคมเบียมคั่นระหว่างโฟลเอ็มและไซเล็ม 3. ชั้นคอร์เทกซ์ร่วมกับท่อโฟลเอ็มกลายเป็นเปลือกไม้

ใบ

โครงสร้างภายในของใบ ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น ดังนี้



- **เอพิเดอร์มิส** เป็นชั้นเนื้อเยื่อที่อยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ ประกอบด้วยปากใบซึ่งมีจำนวนมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช
- **มีโซฟิลล์** เซลล์ส่วนใหญ่เป็นคอลเลงคิมา ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง แบ่งเป็น 2 ชั้น คือ แพลลิมโซฟิลล์และสปันจีมีโซฟิลล์
- **มัดท่อลำเลียง** ประกอบด้วยไซเล็มและโฟลเอ็มอยู่ภายในบันเดิลชีท ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นสปันจีมีโซฟิลล์

ภาพที่ 1.66 โครงสร้างภายในของใบ ที่มา : คลังภาพ อจท.

หน้าที่ของใบ ได้แก่ สร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊สหรือการหายใจ ควบคุมอุณหภูมิของน้ำโดยวิธีการคายน้ำ นอกจากนี้ ใบยังช่วยยึด คำจุนลำต้น และดักจับแมลง

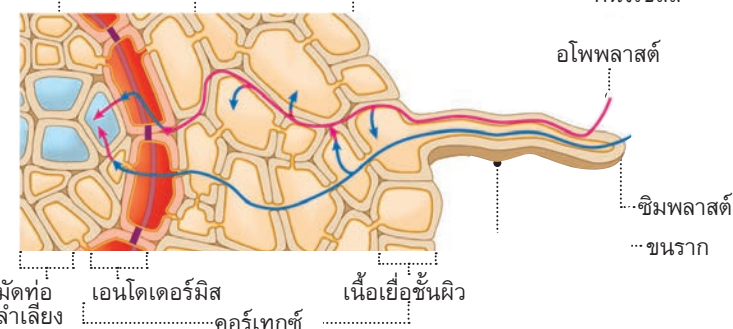
การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

- ปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มของแสง ความชื้น สภาพน้ำในดิน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- ปัจจัยภายใน ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของใบ และการจัดเรียงตัวของใบ

การลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช

กลไกการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่ไซเล็ม

เวสเซล พลาสโมเดสมาดา



ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำไปยังท่อไซเล็มเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ

- **อพอพลาสต์** น้ำผ่านทางผนังเซลล์หรือช่องว่างระหว่างเซลล์
- **ซิมพลาสต์** น้ำผ่านทางพลาสโมเดสมาดาของเซลล์

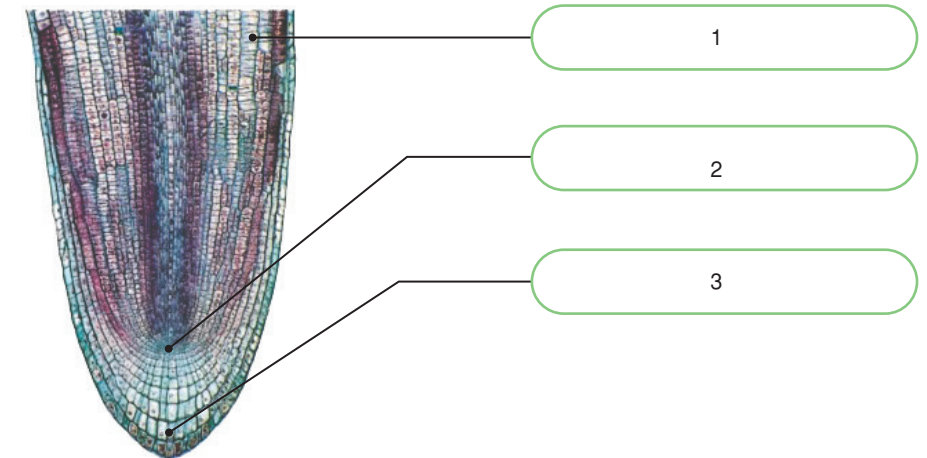
ภาพที่ 1.67 การเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่ท่อลำเลียงไซเล็ม ที่มา : คลังภาพ อจท.



Unit questions 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- จงเปรียบเทียบเนื้อเยื่อต่อไปนี้
 - พาเรงคิมา กับ คอลเลงคิมา
 - ไซเล็ม กับ โพลีเอม
 - คอร์กแคมเบียม กับ วาสคิวลาร์แคมเบียม
 - เอพิเดอร์มิส กับ เอนโดเดอร์มิส
 - ไฟเบอร์ กับ สเกลอริด
- จากภาพ บริเวณหมายเลข 1 2 และ 3 คือบริเวณใด และเป็นเนื้อเยื่อประเภทใด



▲ ภาพที่ 1.69 โครงสร้างภายในของปลายรากพืช
ที่มา : <http://hesed.info>

- กระเทียม ไซเท้า แครีรอต มันฝรั่ง เป็นส่วนประกอบที่นิยมนำมาทำอาหาร ส่วนประกอบเหล่านี้คือส่วนใดของพืช ตามลำดับ
- การจัดเรียงตัวของมัดท่อลำเลียงในรากและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
- พืชนำน้ำและธาตุอาหารที่อยู่ในดินไปใช้ได้อย่างไร จงอธิบายพอสังเขป
- แฟลซิเซตมิโซฟิลล์แตกต่างกับสปันจิมีโซฟิลล์อย่างไร

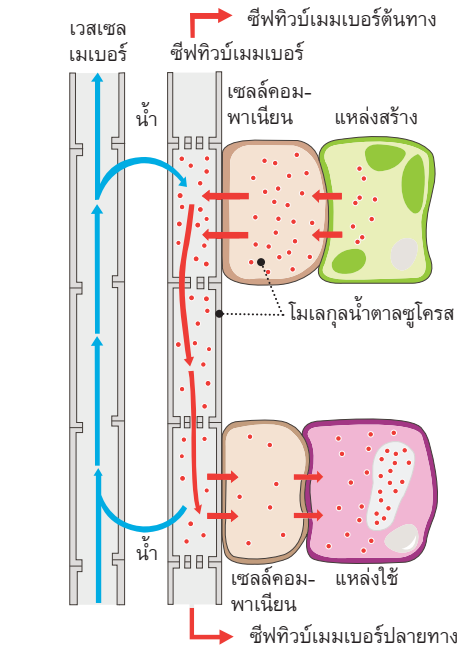
ธาตุอาหารของพืช

ธาตุอาหารของพืชแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ C H O N K P Ca Mg และ S
- ธาตุอาหารรอง ได้แก่ Si Cl Fe B Zn Mn Ni Cu และ Mo

การลำเลียงอาหารของพืช

- อาหารหรือน้ำตาลส่วนมากสร้างที่ใบ แล้วลำเลียงในรูปของน้ำตาลซูโครสไปยังส่วนต่างๆ ของพืช
- พืชลำเลียงน้ำตาลซูโครสจากแหล่งสร้างไปยังยอดและราก
- อาหารหรือน้ำตาลจากแหล่งสร้างจะลำเลียงเข้าสู่ท่อโฟลเอ็มด้วยกระบวนการเอกทอปทรานสปอร์ต และอาศัยน้ำจากเซลล์เข้าเคียงออสโมซิสเข้ามาดันให้อาหารเคลื่อนที่ไปตามท่อลำเลียงอาหาร



▲ ภาพที่ 1.68 กลไกการลำเลียงอาหารของพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Self Check

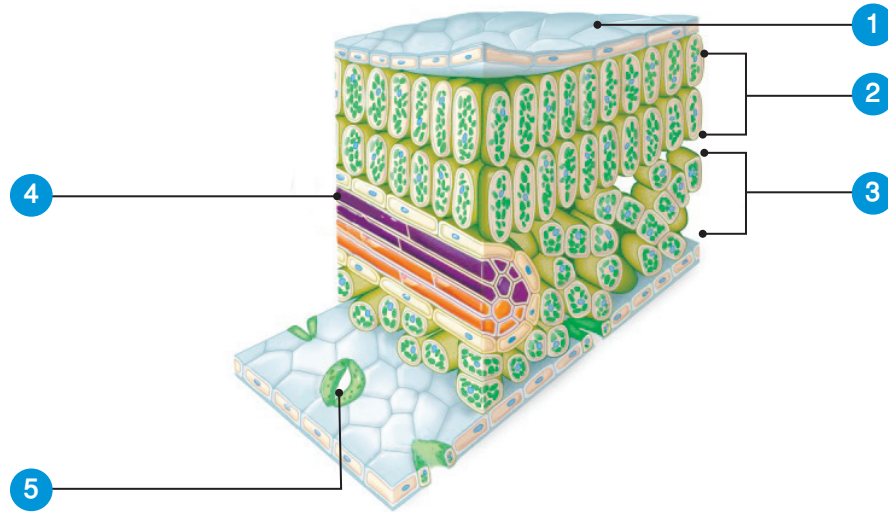
ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจ โดยพิจารณาข้อความว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด หากพิจารณาข้อความไม่ถูกต้อง ให้กลับไปทบทวนเนื้อหาตามหัวข้อที่กำหนดให้

	ถูก/ผิด	บทวนที่หัวข้อ
1. การสังเคราะห์ด้วยแสงส่วนมากเกิดขึ้นที่ใบเนื่องจากบริเวณผิวใบมีเนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิส	☐	1.2
2. ไซเล็มทุกชนิดจะถูกดันเข้าสู่แกนกลางของลำต้น เรียกว่า กระพี้ ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยังคงมีชีวิตอยู่ สามารถลำเลียงน้ำได้	☐	2.2
3. เมื่อความเข้มข้นของแสงมากขึ้นปริมาณ K^+ ในเซลล์จะลดลง ทำให้ความเต่งของเซลล์มากขึ้น มีผลทำให้ปากใบเปิด	☐	3.
4. พืชอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ ช่วยให้น้ำไหลไปตามท่อลำเลียงอย่างต่อเนื่อง	☐	4.
5. น้ำตาลซูโครสเข้าสู่ท่อไซเล็มด้วยกระบวนการออสโมซิส	☐	5.2

บันทึกลงในสมุด

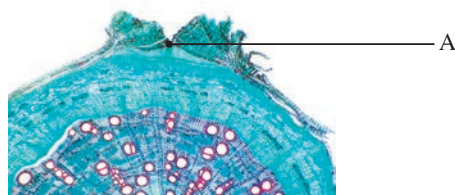
7. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างใบเดี่ยวกับใบประกอบ และยกตัวอย่างพืชที่มีใบเดี่ยวและใบประกอบ มาอย่างน้อย 3 ชนิด

8. จงระบุส่วนประกอบจากภาพต่อไปนี้



▲ ภาพที่ 1.70 โครงสร้างภายในของใบ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

9. จากภาพ บริเวณ A คืออะไร ทำหน้าที่อะไร



▲ ภาพที่ 1.71 ลำต้นพืช
ที่มา : คลังภาพ อจท.

10. จงอธิบายกลไกการเปิด-ปิดของปากใบ

11. ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชได้แก่อะไรบ้าง และมีผลอย่างไร

12. ในช่วงเดือนเมษายนพืชจะมีอัตราการคายน้ำเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับช่วงเดือนธันวาคม

13. ในวันที่การจราจรแออัด ปากใบพืชที่ปลูกอยู่บริเวณริมถนนจะมีลักษณะเป็นอย่างไร

14. ปากใบแบบจมและแบบยกสูงพบได้ในพืชชนิดใด ตามลำดับ

15. หากนักเรียนต้องการให้พืชมีอัตราการคายน้ำมากที่สุด จะจำลองสภาพแวดล้อมให้กับพืชชนิดนี้ อย่างไร

16. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการคายน้ำกับการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช

17. พิจารณาภาพที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



▲ ภาพที่ 1.72 ใบของต้นสตรอว์เบอร์รี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

17.1 จากภาพเป็นปรากฏการณ์ใด

17.2 บริเวณที่เกิดปรากฏการณ์นี้มีลักษณะอากาศอย่างไร

17.3 หากเคลือบใบด้วยน้ำยาทาเล็บบริเวณแผ่นใบ ปรากฏการณ์นี้จะยังเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

18. กรดแอบไซซิกมีผลต่อพืชอย่างไร พืชจะหลั่งฮอร์โมนชนิดนี้เมื่อใด

19. การจัดเรียงตัวของมัดท่อลำเลียงในรากและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

20. น้ำและธาตุอาหารในรากพืชจะเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อลำเลียงไซเล็มได้กี่วิธี อะไรบ้าง

21. หากทดลองควั่นเปลือกไม้จนถึงชั้นแคมเบียมของต้นทานตะวัน และควั่นเปลือกต้นไผ่ในความลึกที่เท่ากัน เมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่งนักเรียนคิดว่าผลจะเป็นอย่างไร

22. ทิศทางในการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืชแตกต่างกับทิศทางในการลำเลียงอาหารของพืชหรือไม่ อย่างไร

23. กระบวนการลำเลียงอาหารของพืชเรียกว่าอะไร

24. ดินตัวอย่าง 3 บริเวณ ปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณธาตุอาหาร ดังตารางที่ 1.3 จงตอบคำถาม

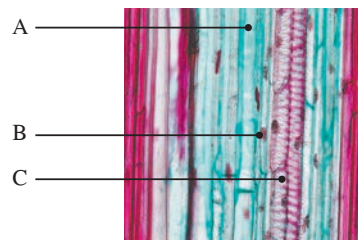
ตารางที่ 1.3 : ปริมาณธาตุอาหารในดินตัวอย่าง 3 บริเวณ

บริเวณ	ปริมาณธาตุอาหารในดินตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละของดิน (%)									
	K	P	N	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	B
A	5	5	5	5	5	5	35	10	10	15
B	20	20	20	20	10	10	-	-	-	-
C	25	25	20	10	10	10	5	5	5	5

24.1 ดินบริเวณใดพืชจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

24.2 หากจำเป็นต้องเลือกกระหว่างดินบริเวณ A และ B มาปลูกต้นมะม่วง นักเรียนจะเลือกดินบริเวณใด เพราะเหตุใด

25. จากภาพ จงตอบคำถามต่อไปนี้



▲ ภาพที่ 1.73 ส่วนลำต้นของพืชที่ตัดตามยาว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

25.1 จากภาพเป็นเนื้อเยื่อประเภทใด

25.2 จงระบุส่วนประกอบและหน้าที่ของ A B และ C

25.3 หากท่อลำเลียงในภาพไม่มีส่วนประกอบ B จะเป็นอย่างไร

26. อาหารที่พืชสร้างขึ้นเคลื่อนที่ไปตามท่อลำเลียงในรูปใด

27. อาหารสะสมของพืชคืออะไร มีวิธีนำมาทดสอบอย่างไร

28. การลำเลียงน้ำมีความสัมพันธ์กับการลำเลียงอาหารของพืชหรือไม่ อย่างไร

29. รูปแบบในการลำเลียงสารที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงอาหารของพืชมีอะไรบ้าง

30. พืชชนิดหนึ่งมีความสูงจากรากไปยังยอด 35.25 เมตร อยากทราบว่าพืชชนิดนี้จะลำเลียงอาหารจากยอดไปสะสมไว้ที่รากจะต้องใช้เวลาเท่าใด (อัตราเร็วในการลำเลียงอาหารของพืชชนิดนี้เป็นไปตามผลการทดลองของซิมเมอร์แมน)



แนวข้อสอบ A-Level

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อทำการย้อมเซลล์พืชที่ไม่ทราบชนิด 4 ชนิดด้วยสีซาฟรานิน (safranin) ซึ่งสามารถย้อมสีติดโครงสร้างที่มีลิกนินและซูเบอรินเป็นองค์ประกอบได้ แล้วนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าเซลล์แต่ละชนิดมีลักษณะดังนี้

เซลล์ A รูปร่างค่อนข้างกลม ผนังเซลล์หนาบางสม่ำเสมอ และย้อมไม่ติดสีของซาฟรานิน

เซลล์ B รูปร่างเป็นท่อยาวเรียวยาวคล้ายกระสวย และย้อมติดสีของซาฟรานิน

เซลล์ C รูปร่างหลายเหลี่ยม ผนังเซลล์ค่อนข้างหนา และย้อมติดสีของซาฟรานิน

เซลล์ D รูปร่างเป็นทรงกระบอกสั้นและกว้าง ย้อมติดสีของซาฟรานิน

ข้อความต่อไปนี้ถูกต้องหรือไม่

ข้อความ	ใช่/ไม่ใช่
เซลล์ A คือ เซลล์คอลเลงคิมา (collenchyma cell)	ใช่/ไม่ใช่
เซลล์ B และเซลล์ D ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและอาหาร	ใช่/ไม่ใช่
เซลล์ C สามารถพบได้ในส่วนของพืช เช่น เปลือกไม้ กะลามะพร้าว	ใช่/ไม่ใช่

2. ข้อความใดถูกต้องเกี่ยวกับการลำเลียงน้ำของพืช

- น้ำในดินเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ขนรากของพืชผ่านการลำเลียงแบบใช้พลังงาน (active transport)
- น้ำที่ถูกลำเลียงมาแบบซิมพลาสต์ (symplast pathway) จะไม่สามารถผ่านเอนโดเตอร์มิสเข้าสู่ไซเล็มได้โดยตรง
- การลำเลียงน้ำในรากแบบอโปพลาสต์ (apoplast pathway) เป็นการลำเลียงน้ำไปตามผนังเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์เข้าสู่ไซเล็มได้โดยตรง
- ในสภาวะที่บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง การเคลื่อนที่ของน้ำในไซเล็มจากรากขึ้นสู่ด้านบนจะอาศัยแรงดันรากร่วมกับแรงดึงจากการคายน้ำของพืช
- การลำเลียงน้ำภายในท่อไซเล็มมีทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งจากรากขึ้นสู่ด้านบนโดยอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำของพืชร่วมกับแรงโคฮีชันและแรงแอดฮีชัน

