

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับเนื้อเยื่อพืช โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก การลำเลียงของพืช การศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โครงสร้างและส่วนประกอบของดอก การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกและการขยายพันธุ์ การเจริญเติบโตของพืช สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรม และจริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

- อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช และเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช
- สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
- สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
- สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง
- สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช
- สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอาหารของพืช
- สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหาร และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
- อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช
- สืบค้นข้อมูลและสรุปการศึกษาได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3
- เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM
- สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
- อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก
- อธิบาย และเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก และอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก
- อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ดและผล
- ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด
- สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไทโทโคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร
- สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

รวมทั้งหมด 18 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

อนันรุธ พรหมเจริญ

ผู้ตรวจ

รศ. ดร.นพรัตน์ พุทธกาล

เจียมจิต กุลมालา

รศ. ดร.ประนอม แก้วระคน

บรรณาธิการ

รศ. ดร.วิชัย เชิดชีวิตศาสตร์

ชีววิทยา

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อหลักจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งที่เพิ่มเติมในหนังสือเรียนแม็ค 4.0 นี้ คือ กิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ (STEM) ตามเป้าหมายสำคัญของการปรับหลักสูตรครั้งนี้ ซึ่งผู้เรียนและผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนแม็ค 4.0 จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์  ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ตโฟนสแกน AR Code โดยใช้แอปพลิเคชัน SnapLearn ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับให้ผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียน แบบฝึกหัด คู่มือครู และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงใหม่ชุดนี้ จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษารอบนี้ เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

วิธีการใช้ SnapLearn

1. ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน SnapLearn 

2. เปิดใช้งานแอปพลิเคชัน SnapLearn

2.1 กดปุ่มตรงกลาง  เพื่อแสดงบาร์โค้ด ISBN ที่ปกหลังของตำราเรียน

2.2 กรอกรหัสหนังสือเรียนลงในช่องค้นหา "Biology M.5 Vol.1"

3. กดดาวน์โหลดหนังสือเรียน

4. สแกนบาร์โค้ดหนังสือเรียนที่สัญลักษณ์ 

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1 ได้พัฒนาและปรับปรุงเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ให้ตรงตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามนำเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การทบทวนเนื้อหา และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

อนิรุทธิ์ พรหมเจริญ

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	1
1. เนื้อเยื่อพืช	3
1.1 เนื้อเยื่อเจริญ	4
1.2 เนื้อเยื่อถาวร	5
2. โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	12
2.1 รากและหน้าที่ของราก	12
2.2 ลำต้นและหน้าที่ของลำต้น	23
2.3 ใบและหน้าที่ของใบ	32
3. การลำเลียงของพืช	41
3.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	41
3.2 การลำเลียงน้ำของพืช	46
3.3 การลำเลียงอาหารของพืช	48
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	61
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การสังเคราะห์ด้วยแสง	62
1. การศึกษาที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	64
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	72
2.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์และสารสี	72
2.2 ปฏิกิริยาแสง	78
2.3 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช	81
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	89
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	101

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การสืบพันธุ์ของพืชดอก	103
1. โครงสร้างและส่วนประกอบของดอก	105
2. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก	111
2.1 กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก	111
2.2 การปฏิสนธิในพืชดอก	113
2.3 ผลและเมล็ด	115
3. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกและการขยายพันธุ์	125
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	131
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 สารควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช	133
1. การเจริญเติบโตของพืช	135
2. สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	137
2.1 ออกซิน	137
2.2 ไซโทไคนิน	143
2.3 จิบเบอเรลลิน	145
2.4 เอทิลิน	146
2.5 กรดแอบไซซิก	148
3. การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม	151
3.1 การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต	151
3.2 การเคลื่อนไหวที่เกิดจากความเต่ง	157
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	163
บรรณานุกรม	164
อภิธานศัพท์	165



หน่วยการเรียนรู้ที่

1



โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

สาระการเรียนรู้

- 1 เนื้อเยื่อพืช
- 2 โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
- 3 การลำเลียงของพืชดอก

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช และเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช
2. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
3. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
4. สังเกตและอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง
5. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช
6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช
7. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสำคัญของธาตุอาหาร และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
8. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช

พืชแต่ละชนิดมีโครงสร้างและส่วนประกอบอะไรบ้าง
ส่วนประกอบต่างๆ ทำหน้าที่อะไร

1. เนื้อเยื่อพืช



แนวคิดสำคัญ

เนื้อเยื่อพืชประกอบด้วย 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ เนื้อเยื่อเจริญซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การเพิ่มขนาดและความสูงของพืช เนื้อเยื่อเจริญจะพบบริเวณปลายยอดและรากของพืช และยังพบได้ในลำต้นของพืชหลายชนิดอีกด้วย เนื้อเยื่อพืชอีกชนิด คือ เนื้อเยื่อถาวรเป็นเนื้อเยื่อพื้นฐานสำคัญที่ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ ดอก และผล เนื้อเยื่อชนิดนี้ทำหน้าที่หลากหลาย เช่น ลำเลียงสาร และเก็บสะสมอาหาร เนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดมีหน้าที่ที่แตกต่างกันแต่จะทำงานสัมพันธ์กันเช่นเดียวกับเนื้อเยื่อสัตว์

”

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์อยู่ด้วยกัน โดยมีการจัดเป็น **ระบบของเนื้อเยื่อ (tissue system)** แทนการมีอวัยวะภายในเหมือนสัตว์ โดยระบบเนื้อเยื่อเกิดจากการรวมกันของเซลล์และเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ

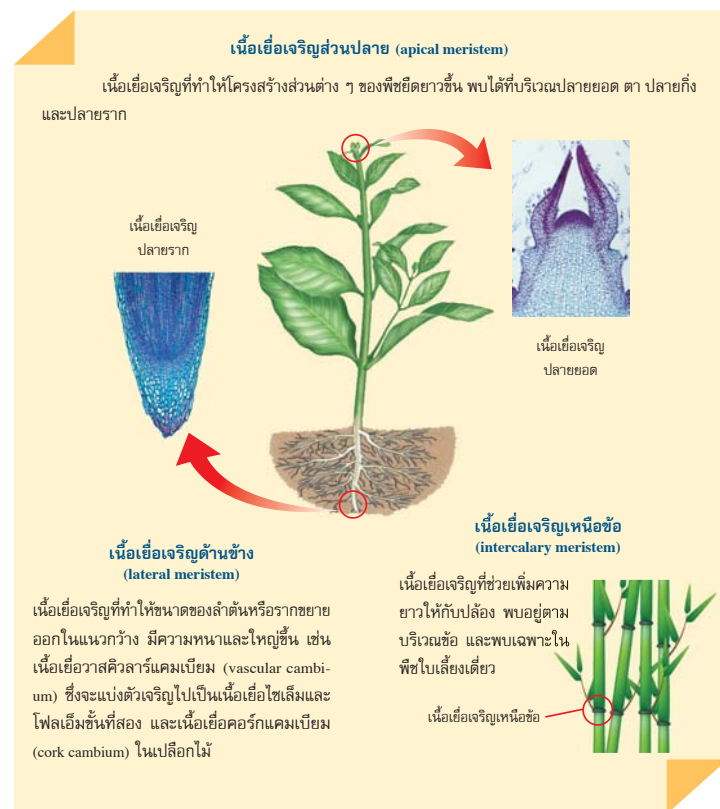
ด้วยเหตุนี้พืชจึงปรากฏเนื้อเยื่อที่หลากหลายชนิด โดยในแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะและทำหน้าที่แตกต่างกัน ตามบทบาทและตำแหน่งของเนื้อเยื่อเหล่านั้น เพื่อให้พืชสามารถดำรงชีวิตได้ตามสภาพแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่

การจำแนกเนื้อเยื่อพืชโดยพิจารณาจากเกณฑ์การแบ่งตัวของเซลล์ที่จะประกอบเป็นเนื้อเยื่อพืช สามารถจำแนกเนื้อเยื่อพืชเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร

“

1.1 เนื้อเยื่อเจริญ

เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) เกิดจากกลุ่มเซลล์ที่มีการแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลา เซลล์แต่ละเซลล์มีขนาดเล็ก ผนังเซลล์บาง นิวเคลียสมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับไซโทพลาซึม เป็นเซลล์ที่มีเมแทบอลิซึมสูง ดังนั้นจึงทำให้พืชสามารถสร้างเซลล์ เนื้อเยื่อ และส่วนต่างๆ ได้ตลอดชีวิต เช่น ใบ กิ่ง ก้าน ดอก ซึ่งต่างจากสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตจำกัด โดยไม่มีการสร้างอวัยวะใหม่เมื่อโตเต็มวัย เนื้อเยื่อเจริญสามารถจำแนกตามตำแหน่งที่พบออกเป็น 3 ประเภท คือ



1.2 เนื้อเยื่อถาวร

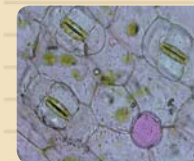
เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue) คือ เนื้อเยื่อที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เปลี่ยนสภาพมาจากเนื้อเยื่อเจริญ มีรูปร่างคงที่ และไม่มีการแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นอีก การเปลี่ยนสภาพให้เหมาะสมกับหน้าที่ต่างๆ ผนังเซลล์จะหนาและแข็งแรงขึ้น ไซโทพลาซึมมีการสร้างและสลายสารต่างๆ มากขึ้น แวคิวโอลใหญ่ขึ้น โดยทั่วไปโครงสร้างภายในของพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ที่ทำหน้าที่เฉพาะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ



ระบบเนื้อเยื่อผิว

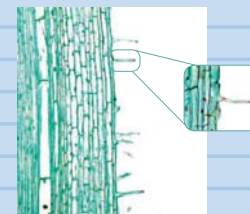
เนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิส (epidermis)

เนื้อเยื่อที่ปกคลุมอยู่ด้านนอกสุด ทำหน้าที่ปกป้องส่วนต่างๆ และจะมีเซลล์ที่สามารถพัฒนาไปเป็นเซลล์พิเศษที่ทำหน้าที่เฉพาะได้



เนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิสที่ใบจะมีบางเซลล์ที่พัฒนาเป็นเซลล์คุม ทำหน้าที่ควบคุมการคายน้ำและการเข้า-ออกของแก๊สออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

เนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิสที่รากจะมีบางเซลล์ที่พัฒนาเป็นเซลล์ขนราก ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและธาตุอาหาร

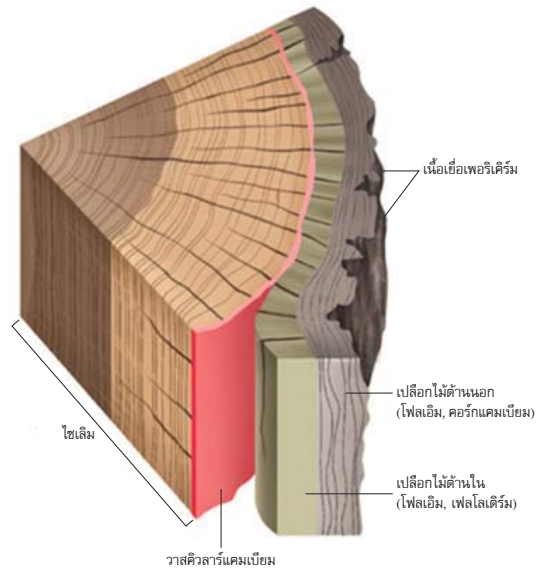


เนื้อเยื่อเพอริเดิร์ม (periderm) เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดจากการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อคอร์คแคมเบียม (cork cambium) เมื่อเกิดการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อนี้จะทำให้เนื้อเยื่อเพอริเดิร์มมีขนาดเล็กลง เนื้อเยื่อเพอริเดิร์มจัดเป็นเนื้อเยื่อเจริญชั้นที่สองที่ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ 3 กลุ่ม คือ

1. เนื้อเยื่อคอร์ค (cork) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายและที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากคอร์คแคมเบียมบริเวณคอร์เทกซ์ อยู่บริเวณชั้นนอกสุดของลำต้นและรากของไม้ยืนต้นที่มีอายุมากแล้ว มีลักษณะคล้ายเซลล์พาราไคมาแต่มีผนังหนากว่าเนื่องจากผนังเซลล์มีสารซูบेरินสะสมซึ่งเป็นสารที่มีสีน้ำตาล เป็นสาเหตุให้เปลือกไม้ที่มีอายุมากมีสีน้ำตาล ทำหน้าที่ป้องกันการระเหยของน้ำและอันตรายในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับพืช

2. เนื้อเยื่อคอร์คแคมเบียม (cork cambium) เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ของเซลล์พาราไคมาในชั้นคอร์เทกซ์บริเวณที่อยู่ใกล้กับเพอริเดิร์มส่วนลำต้นหรือในชั้นเพอริไซเคิลของราก ทำหน้าที่สร้างเนื้อเยื่อคอร์คที่อยู่เปลือกไม้เพื่อห่อหุ้มส่วนลำต้น

3. เนื้อเยื่อเฟลโลเดิร์ม (phelloderm) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์พาราไคมาที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ของคอร์คแคมเบียมเข้ามาด้านในเรียงเป็นชั้นหนา 2-3 ชั้น



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของเปลือกไม้

ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง

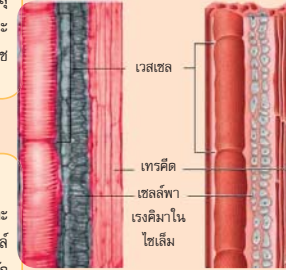
เวสเซล (vessel element)

เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอก มีช่องกลวงตรงกลางเซลล์ ผนังทั่วๆไปมีรูทูลทำหน้าที่หลักในการลำเลียงน้ำและให้ความแข็งแรงกับโครงสร้างของพืช

เทรคีด (tracheid)

เซลล์มีรูปร่างทั้งแบบทรงกระบอกและแบบเหลี่ยม มีช่องกลวงตรงกลางเซลล์ปลายแหลมทั้งสองด้าน ทำหน้าที่หลักในการลำเลียงน้ำและให้ความแข็งแรงกับโครงสร้างของพืช

ไซเล็ม (xylem)



เซลล์เส้นใยหรือไซเล็มไฟเบอร์ (xylem fiber)

มีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็ก รูปร่างเรียวยาว ปลายแหลมทั้ง 2 ด้าน ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและต้านทานต่อการยุบตัวของเวสเซล

เซลล์พาราไคมาในไซเล็ม (xylem parenchyma)

มีลักษณะเหมือนเซลล์พาราไคมาทั่วไป เป็นเซลล์มีชีวิต มีแวคิวโอลขนาดใหญ่ ทำหน้าที่สะสมอาหารและสารต่าง ๆ

โฟลเอ็ม (phloem)

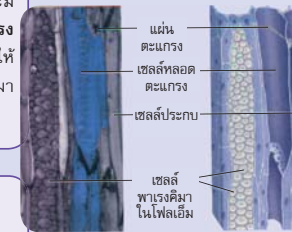
ซีฟทิวบ์ (sieve tube)

หรือเซลล์หลอดตะแกรง

ทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหาร เป็นเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ แต่ไม่มีนิวเคลียสบริเวณผนังเซลล์ส่วนปลายจะมีแผ่นรูพรุนเรียกว่า แผ่นตะแกรง (sieve plate) โดยจะเป็นทางให้โปรโทพลาสต์ภายในผ่านไปมาระหว่างเซลล์ที่อยู่ติดกัน

เซลล์ประกอบ (companion cell)

เซลล์ที่อยู่ข้างเซลล์ท่อลำเลียงอาหาร ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีชีวิตและยังมีนิวเคลียส



เซลล์พาราไคมาในโฟลเอ็ม (phloem parenchyma)

เป็นเซลล์ที่มีภาระสะสมผลึก แทนนิน หรือเม็ดแป้ง แต่บางครั้งยากที่จะแยกความแตกต่างกับเซลล์ประกอบเนื่องจากมีลักษณะคล้ายกัน

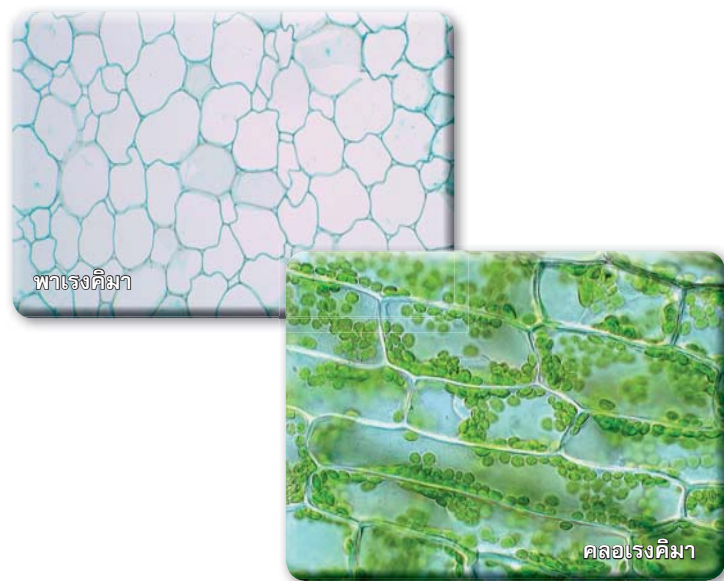
เซลล์เส้นใยหรือโฟลเอ็มไฟเบอร์ (phloem fiber)

มีลักษณะเป็นเส้นใย มีลักษณะสมที่ผนังเซลล์ ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและช่วยสะสมอาหาร

ระบบเนื้อเยื่อพืช

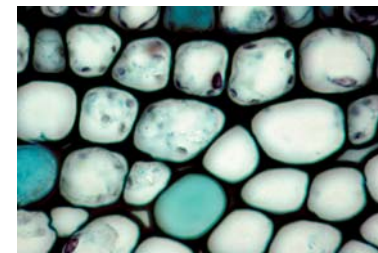
เนื้อเยื่อพืชเป็นเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ของพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากเนื้อเยื่อผิวและเนื้อเยื่อลำเลียง

เนื้อเยื่อพาราไคมา (parenchyma tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่ยังมีชีวิต มีผนังเซลล์แบบปรวมภูมิ บางเซลล์มีรูปร่างต่างๆ กัน ส่วนมากมีรูปร่างเกือบเป็นทรงกลม มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม แปดเหลี่ยม หรือกลม เป็นเนื้อเยื่อพื้นฐานที่เป็นองค์ประกอบหลักของอวัยวะหรือโครงสร้างต่างๆ ของพืช เช่น พืช (pith) และคอร์เทกซ์ (cortex) ในลำต้นหรือราก นอกจากนี้ยังมีรูปร่างต่างออกไปได้ เช่น พาลิเสด พาราไคมาของใบมีรูปร่างเป็นแท่งยาว เนื้อเยื่อพาราไคมามีหน้าที่หลายอย่างขึ้นอยู่กับตำแหน่งและองค์ประกอบภายในเซลล์ เช่น เซลล์ที่มีคลอโรพลาสต์อยู่ภายในจะทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง เรียกว่า **คลอโรพาราไคมา (chlorenchyma)** นอกจากนี้ยังอาจพบเซลล์พาราไคมาแทรกอยู่หรือเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของเนื้อเยื่อไซเล็มและเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม



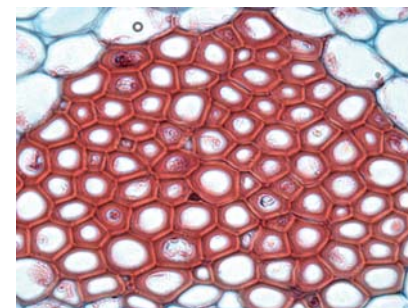
รูปที่ 1.2 เนื้อเยื่อพาราไคมาและเนื้อเยื่อคลอโรพาราไคมา

เนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma tissue) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีชีวิต ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับส่วนต่างๆ ของพืชในระยะเจริญเติบโตปรวมภูมิ ซึ่งโดยทั่วไปสามารถพบเซลล์คอลเลงคิมาได้ในลำต้นและก้านใบ ซึ่งปกติแล้วตำแหน่งที่สามารถพบเนื้อเยื่อคอลเลงคิม่าจะพบอยู่ด้านในและติดกับชั้นเนื้อเยื่อผิว เซลล์คอลเลงคิม่าจะมีผนังเซลล์ปรวมภูมิที่มีลักษณะเฉพาะ โดยผนังรอบเซลล์จะหนาและไม่สม่ำเสมอ

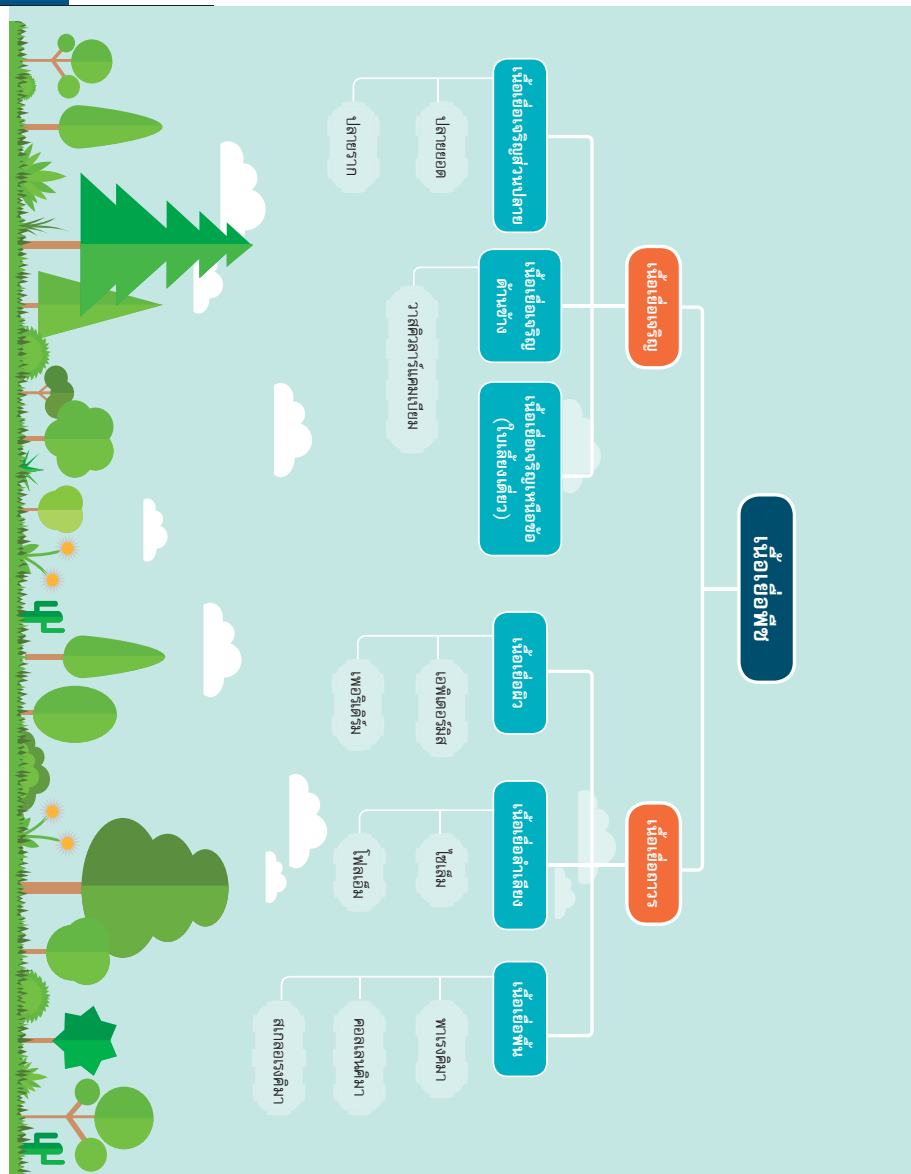


รูปที่ 1.3 เนื้อเยื่อคอลเลงคิมา

เนื้อเยื่อสเกลโรพาราไคมา (sclerenchyma tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังเซลล์หนา ทำหน้าที่หลักในการให้ความแข็งแรงกับส่วนต่างๆ ของพืช เมื่อเซลล์เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเหลืออยู่ในเซลล์ หรือเป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิต ผนังเซลล์สเกลโรพาราไคมาที่หนาเกิดจากการสะสมของผนังเซลล์ทุติยภูมิ ประกอบด้วยสารประกอบเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่และมีสารพวกลิกนินปะปนอยู่ด้วย เซลล์ที่จัดอยู่ในเนื้อเยื่อสเกลโรพาราไคมาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เซลล์เส้นใยหรือไฟเบอร์ (fiber cell) และสเกลโรไคด (sclereid) โดยเซลล์เส้นใยจะมีลักษณะรูปร่างที่ผอมยาว หัวท้ายเซลล์แหลม มีรอยเว้าบนผนังเซลล์ มีจำนวนน้อย ส่วนสเกลโรไคดจะมีรูปร่างหลายแบบ แต่ส่วนมากจะเป็นเซลล์ที่มีความกว้างและความยาวไม่แตกต่างกัน โดยจะมีรอยเว้าเป็นจำนวนมาก



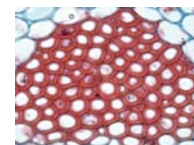
รูปที่ 1.4 เนื้อเยื่อสเกลโรพาราไคมา



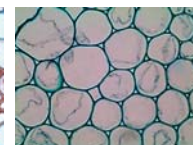
กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.1

จดตอบคำถามต่อไปนี้

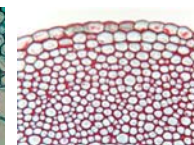
- ถ้าต้องการศึกษาเนื้อเยื่อเจริญด้านข้างของพืชควรเลือกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือใบเลี้ยงคู่ เพราะเหตุใด
- เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อเหมือนและแตกต่างกับเนื้อเยื่อเจริญด้านข้างอย่างไร
- พิจารณารูปเนื้อเยื่อต่อไปนี้



ก



ข



ค

- เนื้อเยื่อ ก คือเนื้อเยื่อชนิดใด เพราะเหตุใด
- เนื้อเยื่อ ข คือเนื้อเยื่อชนิดใด เพราะเหตุใด
- เนื้อเยื่อ ค คือเนื้อเยื่อชนิดใด เพราะเหตุใด
- ระบบเนื้อเยื่อประกอบด้วยเซลล์ชนิดใดบ้าง แต่ละชนิดทำหน้าที่อะไร
- ให้ระบุหน้าที่ของเนื้อเยื่อลำเลียงต่อไปนี้

5.1 ไซเล็ม

ชนิดของเซลล์	หน้าที่ของเซลล์
เวสเซล	ให้นักเรียนบันทึกผลลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
เทรคิต	
ไซเล็มไฟเบอร์	
ไซเล็มพาราคีมา	

5.2 โฟลเอ็ม

ชนิดของเซลล์	หน้าที่ของเซลล์
ซีฟทิวบ์	ให้นักเรียนบันทึกผลลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
เซลล์ประกอบ	
โฟลเอ็มพาราคีมา	
โฟลเอ็มไฟเบอร์	

2. โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก



แนวคิดสำคัญ

รากเป็นส่วนประกอบของพืชที่ทำให้ลำต้นของพืชตั้งตรง และยึดลำต้นไว้กับพื้นดินได้ และยังทำหน้าที่สำคัญในการดูดซึมน้ำและธาตุอาหารในดิน นอกจากนี้รากยังเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่อย่างอื่น เช่น สะสมอาหาร หายใจ ยึดเกาะลำต้นเป็นส่วนประกอบของพืชที่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดกิ่งใบ และดอก และทำให้พืชสามารถลำเลียงน้ำและธาตุอาหารที่ได้จากรากผ่านไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้

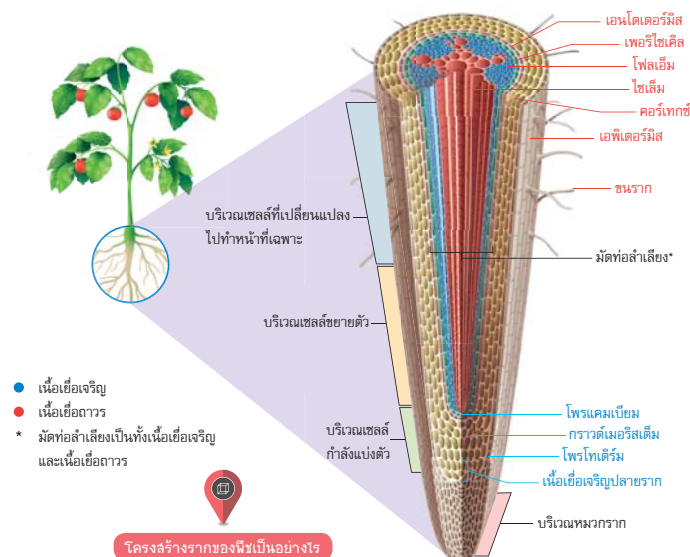
ใบเป็นส่วนประกอบของพืชที่มีการปรับเปลี่ยนรูปร่างที่หลากหลายแต่มีหน้าที่หลัก คือ การสังเคราะห์อาหารโดยการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจและคายน้ำของพืช

2.1 รากและหน้าที่ของราก

ราก (root) คือ ส่วนแกนของพืช โดยทั่วไปเจริญอยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ยึดหรือค้ำจุนให้พืชเจริญเติบโตอยู่กับที่ได้ และยังทำหน้าที่สำคัญในการดูดน้ำและธาตุอาหารในดินเพื่อส่งไปยังส่วนต่างๆ ของพืช



โครงสร้างและการเจริญเติบโตของราก



โครงสร้างของรากพืชเป็นอย่างไร

บริเวณเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะและเจริญเติบโตเต็มที่ (region of cell differentiation and maturation)	บริเวณเซลล์ขยายตัว (region of cell elongation)	บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว (region of cell division)	บริเวณหมวกราก (root cap)
ประกอบด้วยเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ต่อไปทำให้เกิดเซลล์ขึ้นหลายชนิดตามลักษณะรูปร่างส่วนประกอบภายในเพื่อให้เหมาะสมกับการทำหน้าที่เฉพาะ	อยู่ถัดจากบริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัวขึ้นไป เซลล์ของเนื้อเยื่อบริเวณนี้บางเซลล์ยังมีการแบ่งเซลล์ได้ แต่โดยทั่วไปเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์จะขยายตัวตามยาว ทำให้ความยาวของรากเพิ่มขึ้น	เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากบริเวณหมวกรากขึ้นมายาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร เซลล์มีการแบ่งตัวแบบไมโทซิสเป็นเซลล์ต้นกำเนิดส่วนปลาย (apical initials) ส่วนหนึ่งเจริญไปเป็นหมวกราก แต่ส่วนใหญ่จะเจริญเป็นเซลล์ที่อยู่ในบริเวณถัดขึ้นไปข้างบน ซึ่งจะมีการเจริญเป็นส่วนประกอบต่างๆ ของราก	ประกอบด้วยเซลล์พาเร็นไคมาที่มีรูปร่างกลมรี ผนังเซลล์บางมีแวคิวโอลขนาดใหญ่ภายในอาจเห็นเม็ดแป้ง สามารถผลิตเมือกได้ ซึ่งทำให้ดินบริเวณนั้นชุ่มชื้นและอ่อนตัวสะดวกต่อการซอนไชของราก และหมวกรากยังทำหน้าที่ช่วยป้องกันอันตรายให้กับเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ถัดเข้าไป

บริเวณเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะจะมี **เซลล์ขนราก (root hair cell)** อยู่ที่ผิวของรากมีลักษณะเป็นเซลล์มีชีวิต ผนังด้านนอกของเซลล์ยื่นยาวออกไปเป็นขน ซึ่งอาจจะยาวออกไปได้อีกหลายเท่าของความกว้างของเซลล์ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดน้ำและธาตุอาหาร แต่เซลล์ขนรากจะมีอายุสั้น



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.1 การเจริญเติบโตของรากและโครงสร้างปลายราก

จุดประสงค์

ทดลอง สังเกต และอธิบายการเจริญเติบโตของรากและโครงสร้างปลายราก

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วเขียวและข้าวโพด ชนิดละ 20 เมล็ด (อาจจะใช้ถั่วเหลืองแทนถั่วเขียว หรือใช้ข้าวเปลือกแทนข้าวโพดก็ได้)
2. กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์
3. สีชาฟรานิน (safranin) หรือสีผสมอาหารสีแดง ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์
4. กระดาษชำระ
5. กล้องพลาสดิกใสรูปสี่เหลี่ยมที่มีความยาวของกล่องประมาณ 20 เซนติเมตร จำนวน 4 กล่อง
6. กล้องจุลทรรศน์
7. เข็มเขียว
8. จานเพาะเชื้อ
9. บีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือขวดแก้วปากกว้างขนาดเล็ก
10. ใบมีดโกน
11. พู่กัน
12. แวนชียาย
13. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
14. หลอดหยด

ตอนที่ 1 การเจริญเติบโตของราก

วิธีปฏิบัติ

1. นำเมล็ดถั่วเขียวและเมล็ดข้าวโพด แช่น้ำประมาณ 6-12 ชั่วโมง หรือจนเปลือกของเมล็ดพืชเริ่มลอกออก
2. นำเมล็ดพืชแต่ละชนิดแบ่งเป็น 2 ส่วน นำมาเพาะในกล่องพลาสดิกที่มีกระดาษชำระ โดยจะรดน้ำสะอาดลงบนกระดาษจนชุ่ม วางเมล็ดให้กระจายบนกระดาษชำระ ปิดฝากล่องให้สนิท แล้วเขียนหมายเลข 1 และ 2 บนกล่องที่เพาะเมล็ดข้าวโพด และหมายเลข 3 และ 4 บนกล่องที่เพาะเมล็ดถั่วเขียว
3. ใช้แวนชียายสังเกตการงอกของเมล็ดทั้ง 4 กล่อง ว่าส่วนใดงอกออกมาก่อน และงอกจากตำแหน่งใดของเมล็ด

4. สังเกตและวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของรากในกล่องที่ 1 และ 3 ทุกๆ วัน เป็นระยะเวลา 3 วัน วาดรูป บันทึกผล และหาค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงความยาวของรากในแต่ละวัน (ระหว่างวัดความยาวของรากต้องระมัดระวังไม่ให้ปลายรากแห้ง และต้องให้ชุ่มน้ำอยู่เสมอเมื่อเสร็จสิ้นการวัดต้องรดน้ำให้ชุ่ม ปิดฝากล่องดังเดิม)
5. สังเกตการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของรากและจำนวนรากแขนงที่เกิดขึ้นของพืชในกล่องหมายเลข 1 และหมายเลข 3 ทุกวันต่อไปอีก 3 วัน

ตอนที่ 2 โครงสร้างภายในของรากพืช

วิธีปฏิบัติ

1. เลือกปลายรากของข้าวโพดและถั่วเขียวที่เพาะมาแล้ว 3 วัน จากกล่องหมายเลข 2 และหมายเลข 4 ตัดส่วนปลายสุดของรากเพียงรากละ 1 ท่อน โดยให้มีความยาวประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ให้ได้จำนวน 5-6 ท่อน ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือขวดแก้วปากกว้างขนาดเล็กที่เตรียมไว้หยดกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ทั่วราก ทั้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงหรือมากกว่า
2. ล้างกรดออกจากเนื้อเยื่อปลายรากโดยใช้หลอดดูดกรดออกจนหมด แล้วเติมน้ำลงไปให้ทั่วราก แช่ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วดูดน้ำออก เติมน้ำใหม่แล้วดูดออกทำเช่นนี้ประมาณ 3 ครั้ง เพื่อให้ล้างกรดออกได้หมด แล้วหยดสีชาฟรานินหรือสีผสมอาหารสีแดงลงไปประมาณ 3 หยด หรือทั่วราก ทั้งไว้ 5 นาที ล้างสีส่วนเกินออก โดยการดูดน้ำสีออกแล้วเติมน้ำเพื่อล้างสีแล้วดูดน้ำออกทำเช่นนี้ประมาณ 2 ครั้ง ทำนองเดียวกับการล้างกรด
3. ใช้พู่กันแยกท่อนรากที่ย้อมสีแล้ว 1 ท่อน วางบนสไลด์ที่หยดน้ำแล้ว 1 หยด
4. นำกระจกปิดสไลด์วางทับแล้วกดเบาๆ ด้วยปลายนิ้วหรือยางลบกับดินสอจนเนื้อเยื่อแบน นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่างๆ วาดรูปและบันทึกผล
5. เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรมตอนที่ 1 ส่วนใดของต้นอ่อนของถั่วเขียวงอกออกมาก่อนและงอกออกมาจากส่วนใดของเมล็ด
2. เหตุใดจะต้องนำเมล็ดถั่วเขียวและเมล็ดข้าวโพดแช่น้ำก่อนนำมาเพาะถึง 6-12 ชั่วโมง
3. จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของรากเมล็ดถั่วเขียวและเมล็ดข้าวโพดเป็นอย่างไร พืชทั้ง 2 ชนิดนี้มีการงอกของรากที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
4. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

โครงสร้างภายในของราก

โครงสร้างภายในของรากที่ตัดตามขวาง เมื่อพิจารณาเนื้อเยื่อจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในโครงสร้างภายในของรากพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่างๆ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาจากการทำกิจกรรมที่ 1.2



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.2 โครงสร้างภายในของราก

จุดประสงค์

ทดลอง สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในรากพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

อุปกรณ์

1. เมล็ดพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น ถั่ว จามจุรี หรือหม่อน้อย (หญ้าละออง)
2. เมล็ดพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด ข้าว หรือพุทธรักษา
3. สีชาฟราีน หรือสีผสมอาหารสีแดง ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์
4. กล้องจุลทรรศน์
5. เช็มเยื่อ
6. จานเพาะเชื้อ
7. ใบมีดโกน
8. พู่กัน
9. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
10. หลอดหยด

วิธีปฏิบัติ

1. นำเมล็ดพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมาเพาะในกระบะเพาะชำเป็นระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์
2. ขูดต้นพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวขึ้นมาจากกระบะเพาะโดยที่ระมัดระวังไม่ให้รากขาด ตัดรากพืชที่สมบูรณ์ประมาณอย่างละ 2-3 ราก แล้วนำมาแช่น้ำ
3. ใช้ใบมีดโกนตัดแบ่งรากบริเวณโคนไปทางปลายรากให้เป็นท่อนสั้น ๆ ยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำไปตัดตามขวางให้ได้แผ่นบาง ๆ

2

จับใบมีดโกนที่จุ่มน้ำให้เปียกด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ของมืออีกข้างหนึ่งให้คมมีดอยู่ในแนวระนาบเสมอ

1

จับท่อนรากพืชด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ให้หน้าตัดที่ต้องการตัดอยู่ในแนวระนาบ



3

จรดใบมีดกับหน้าตัดของท่อนรากตั้งใบมีดเข้าหาตัว โดยทำมุมตั้งใบมีดหลาย ๆ ครั้งแบบการเลื่อยไม้

4. ใช้พู่กันแตะชิ้นส่วนของรากที่ฉีกออกมาแล้วแช่ในน้ำสีที่ใสในจานเพาะเชื้อ หรือภาชนะอื่นแยกเป็นจานละชนิด
5. เลือกชิ้นส่วนที่บางและสมบูรณ์ที่ผ่านการย้อมสีแล้วจำนวน 3-4 แผ่น โดยใช้พู่กันแตะชิ้นส่วนที่เลือกวางลงบนหยดน้ำบนสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ระมัดระวังให้มีฟองอากาศอยู่ภายใน เช็ดน้ำที่ด้านตรงขอบกระจกปิดสไลด์ อย่าให้ด้านบนกระจกปิดสไลด์เปียกน้ำ
6. นำสไลด์ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์เริ่มจากกำลังขยายต่ำก่อนเพื่อหาชิ้นเนื้อเยื่อที่บางและสมบูรณ์ที่สุด แล้วจึงเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูงขึ้นเพื่อศึกษารายละเอียดของโครงสร้างภายในของราก
7. วาดรูปโครงสร้างของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์
8. เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. โครงสร้างภายในของปลายรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวประกอบด้วยเนื้อเยื่ออะไรบ้าง และมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อต่าง ๆ อย่างไร
2. โครงสร้างภายในของปลายรากพืชใบเลี้ยงคู่ประกอบด้วยเนื้อเยื่ออะไรบ้าง และมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อต่าง ๆ อย่างไร
3. การจัดเรียงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในของปลายรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
4. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

จากกิจกรรมที่ 1.2 การศึกษาโครงสร้างภายในของรากที่ตัดตามขวาง เมื่อพิจารณาเนื้อเยื่อจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในโครงสร้างภายในของรากพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอพิดERMิส (epidermis) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุด ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวแถวเดียว ทำหน้าที่ปกคลุมส่วนต่างๆ ของรากและป้องกันเนื้อเยื่อภายใน ขณะเดียวกันเซลล์บางส่วนของเนื้อเยื่อเอพิดERMิสจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ขนราก

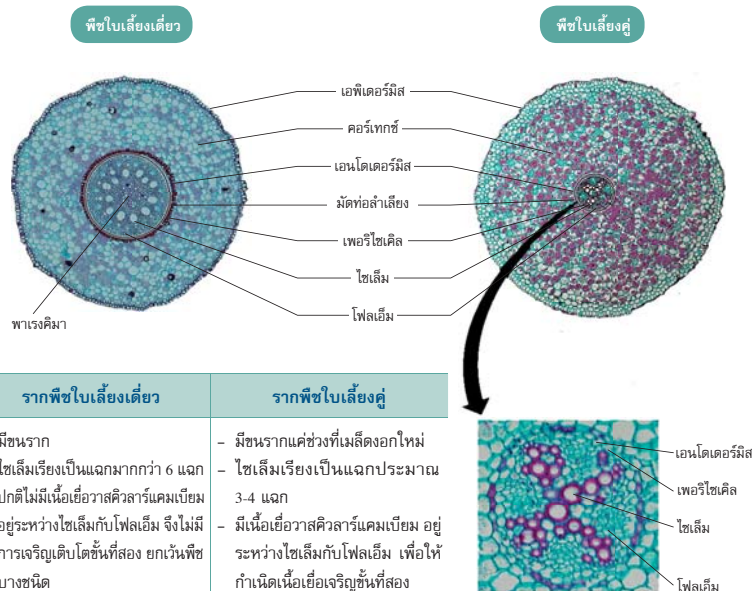
2. คอร์เทกซ์ (cortex) เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ถัดจากเอพิดERMิสเข้าด้านใน มีบริเวณกว้างมากที่สุดของราก ประกอบด้วยเซลล์พาราเควมาที่ไม่มีคลอโรพลาสต์เรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ ทำหน้าที่สะสมน้ำและอาหาร นอกจากนี้ยังพบเซลล์อื่นๆ ได้แก่ คอลเลงคิมา สเกลอเรนคิมา และเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการหลั่งสาร ชั้นในสุดของคอร์เทกซ์ คือ **เอนโดเดอร์มิส (endodermis)** เป็นบริเวณที่ประกอบด้วยเซลล์ที่คล้ายกับเซลล์พาราเควมาเรียงตัวอยู่ชิดกันแน่นเพียงแถวเดียว เซลล์ส่วนหนึ่งที่ผนังเซลล์จะมีแถบเล็ก ๆ ที่เรียกว่า **แคสพาเรียนสตรีป (casparian strip)** ซึ่งเกิดจากการสะสมของสารซูเบอร์อิน (suberin) นอกจากนี้ยังมีการสะสมสารลิกนิน (lignin) เอนโดเดอร์มิสเมื่อมีอายุมากขึ้นจึงมีผนังเซลล์หนา ขณะเดียวกันยังมีบางเซลล์ที่มีผนังเซลล์บางและไม่มีการสะสมแคสพาเรียนสตรีป ในรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมองเห็นเอนโดเดอร์มิสและแคสพาเรียนสตรีปได้ชัดเจนกว่าในรากพืชใบเลี้ยงคู่

3. **สตีล (stele)** เป็นโครงสร้างที่อยู่ข้างในสุดของราก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่สำคัญ ดังนี้

3.1 **เพอริไซเคิล (pericycle)** เป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของสตีล บางเซลล์ของเนื้อเยื่อเพอริไซเคิลในรากจะแบ่งตัวและเปลี่ยนแปลงไปเป็นรากแขนง ขณะที่บางเซลล์จะเจริญไปเป็นเนื้อเยื่อถาวรชั้นที่สอง

3.2 **มัดท่อลำเลียงหรือเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular bundle)** ประกอบด้วยเนื้อไซเล็มชั้นแรกและเนื้อเยื่อโฟลเอ็มชั้นแรก

3.3 **ไส้ในของรากไม้หรือพิต (pith)** ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาราไคมาซึ่งมีบริเวณกว้างอยู่ตรงกลางของราก พบได้ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	รากพืชใบเลี้ยงคู่
- มีขนราก - ไซเล็มเรียงเป็นแนวกว้างกว่า 6 แถว - ปกติไม่มีเนื้อเยื่อวาสคิวลาร์แคมเบียมอยู่ระหว่างไซเล็มกับโฟลเอ็ม จึงไม่มีการเจริญเติบโตชั้นที่สอง ยกเว้นพืชบางชนิด - เอนโดเดอร์มิสเห็นเป็นแนวชัดเจน	- มีขนรากแค่ช่วงที่เมื่อดอกใหม่ - ไซเล็มเรียงเป็นแนวกว้างประมาณ 3-4 แถว - มีเนื้อเยื่อวาสคิวลาร์แคมเบียมอยู่ระหว่างไซเล็มกับโฟลเอ็ม เพื่อให้เกิดเนื้อเยื่อเจริญชั้นที่สอง - เอนโดเดอร์มิสมองเห็นได้ไม่ชัดเจนหรือไม่เลย

การเจริญเติบโตของราก

โครงสร้างภายในของรากแต่ละบริเวณประกอบด้วยเนื้อเยื่อและอวัยวะที่แตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมกับหน้าที่ การเจริญเติบโตของรากพืชแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ดังนี้

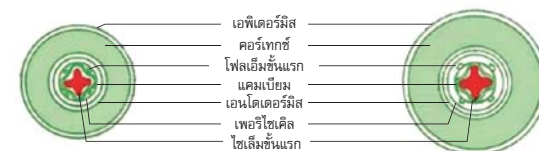
การเจริญเติบโตขั้นแรกหรือแบบปฐมภูมิ

การศึกษาโครงสร้างภายในของรากจากการตัดตามขวางรากพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ที่มีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ซึ่งคาดว่าจะในระยะที่รากเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว และอยู่ในขั้น **การเจริญเติบโตขั้นแรกหรือแบบปฐมภูมิ (primary growth)** จะเห็นลักษณะเนื้อเยื่อแตกต่างกันชัดเจน ซึ่งเห็นสามารถแยกเป็นบริเวณหรือชั้นต่างๆ ตามลักษณะเซลล์ที่เห็นได้เป็น 3 บริเวณ คือ เอพิเดอร์มิส คอร์เทกซ์ และสตีล (เพอริไซเคิล โฟลเอ็มชั้นแรก ไซเล็มชั้นแรก)

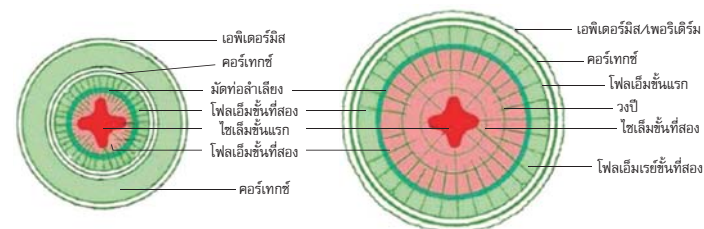
การเจริญเติบโตขั้นที่สองหรือแบบทุติยภูมิ

บริเวณเซลล์ของพืชใบเลี้ยงคู่ที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีการเจริญเติบโตขั้นที่สองหรือการเจริญเติบโตแบบทุติยภูมิ (secondary growth) ทำให้พืชมีขนาดใหญ่อขึ้นโดยการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ คือ วาสคิวลาร์แคมเบียมหรือเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular cambium) เซลล์ที่เกิดใหม่จากการแบ่งตัวที่อยู่ทางด้านในเจริญเป็นเนื้อเยื่อไซเล็มชั้นที่สอง และเซลล์เกิดใหม่ทางด้านนอกเจริญเป็นโฟลเอ็มชั้นที่สอง ดังนั้นเซลล์ที่อยู่ห่างไกลจากแคมเบียมเป็นเซลล์ที่มีอายุมากกว่าเซลล์ที่อยู่ใกล้แคมเบียม สำหรับรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวส่วนใหญ่จะไม่พบการเจริญเติบโตขั้นที่สอง

การเจริญเติบโตขั้นแรกหรือแบบปฐมภูมิ



การเจริญเติบโตขั้นที่สองหรือแบบทุติยภูมิ



หน้าที่และชนิดของราก

เมื่อเมล็ดเริ่มงอกออกมาส่วนของเอ็มบริโอที่เจริญออกมาจากเมล็ดเป็นอันดับแรก คือ **ราก (root)** โดยรากจะเจริญเติบโตมาจากแรติเคิล (radicle) หรือรากแรกเกิดของเอ็มบริโอ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบรากแก้ว (tap root system)

พบในพืชใบเลี้ยงคู่ ส่วนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะพบระบบรากแก้วในช่วงแรกที่ยังงอกออกมาจากเมล็ด จากนั้นรากฝอยจะเจริญเติบโตขึ้นมาแทนที่รากแก้วที่ตายไป จึงพบว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเป็นพืชที่ไม่มีรากแก้ว ซึ่งระบบรากแก้วประกอบด้วย **รากแก้ว (tap root)** และ **รากแขนง (lateral root)** โดยที่รากแก้วซึ่งจัดเป็น **รากปฐมภูมิ (primary root)** จะเจริญเติบโตและหยั่งลึกลงในดินเพื่อยึดลำต้นกับดิน ส่วนรากแขนงจัดเป็น **รากทุติยภูมิ (secondary root)** ที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเพอริไซเคิลในรากแก้วที่แตกแขนงออกมาตามแนวด้านข้างของรากแก้ว

2. ระบบรากฝอย (fibrous root system)

พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ประกอบด้วยรากฝอยและรากแขนงแผ่กระจายออกไปโดยรอบ



รูปที่ 1.5 ระบบรากฝอย (ซ้าย), และระบบรากแก้ว (ขวา)

หน้าที่ของราก

หน้าที่ของรากที่สำคัญมีหลายประการดังนี้

1. ดูดน้ำและธาตุอาหารจากดินเข้าสู่ลำต้น
2. ลำเลียงน้ำและธาตุอาหารขึ้นไปยังส่วนต่างๆ ของลำต้น
3. ยึดลำต้นกับพื้นดิน
4. สังเคราะห์สารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญพัฒนาส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ฮอร์โมนไซโทไคนิน ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน

5. หน้าที่พิเศษอื่นๆ เช่น สะสมอาหาร ดูดซับความชื้นให้กับพืช รากพืชบางชนิดยังช่วยในการหมุนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชในป่าชายเลนมีรากช่วยในการค้าจุนลำต้น รวมทั้งช่วยในการหายใจ รากพืชบางชนิดช่วยในการดักจับธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุให้กับพืช นอกจากนี้ยังพบว่าในพืชน้ำบางชนิดรากยังทำหน้าที่ช่วยพยุงลำต้นให้สามารถลอยน้ำได้

ชนิดของราก

ชนิดของรากจำแนกตามต้นกำเนิดแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. รากปฐมภูมิ (primary root) เป็นรากที่เกิดจากแรติเคิลหรือรากแรกเกิด ซึ่งเรียกรากชนิดนี้ว่า **รากแก้ว (tap root)**

2. รากทุติยภูมิ (secondary root) เจริญหรือพัฒนาจากเนื้อเยื่อเพอริไซเคิลของรากแก้ว

3. รากพิเศษ (adventitious root) หรือรากวิสามัญ เป็นรากที่ไม่ได้เจริญมาจากแรติเคิลหรือรากปฐมภูมิ แต่เจริญมาจากส่วนอื่นๆ ของลำต้นหรือส่วนของใบ รากพืชที่จัดเป็นรากพิเศษ ได้แก่ รากฝอย รากหายใจ รากค้าจุน รากยึดเกาะ รากสังเคราะห์ด้วยแสง และรากกาฝาก

ชนิดของรากจำแนกตามหน้าที่แบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้



รากสะสมอาหาร (storage root)

ทำหน้าที่สะสมอาหาร เช่น แป้ง น้ำตาล หรือโปรตีน ลักษณะรากจะพองออกและมีขนาดใหญ่กว่ารากปกติ รากสะสมอาหารที่เปลี่ยนแปลงมาจากรากแก้ว เช่น แครรอต หัวผักกาด และบีทรูท แต่บางชนิดเปลี่ยนแปลงมาจากรากฝอย เช่น มันเทศ มันสำปะหลัง มันแกว และกระชาย

รากหายใจ (respiratory root)

ทำหน้าที่ช่วยหายใจได้มากกว่ารากทั่วๆ ไป ลักษณะเป็นรากแขนงที่มีปลายรากโผล่ขึ้นมาจากพื้นดิน ในพืชบางชนิดรากหายใจจะโผล่ขึ้นมาบนผิวน้ำเรียกว่า **รากท่อนลอย (pneumatophore)** พืชที่มีรากหายใจ เช่น แสม โกงกาง ลำพู ผักกระเฉด และแพลงพวยน้ำ (รากท่อนลอย)



รากสะสมอาหาร (storage root)

ทำหน้าที่ช่วยพยุงลำต้น เป็นรากที่แตกออกทางด้านข้างของลำต้น หรือจากกิ่งแล้วหยั่งลงไปในดิน เช่น ข้าวโพด ลำเจียก เเดย โกงกาง อ้อยป่า รวมทั้งพืชที่มีการแตกกิ่งก้านออกไปไกลจากลำต้นจะต้องอาศัยรากค้าจุนในการช่วยพยุง เช่น ไทร ยางอินเดีย



กล้วยไม้

รากสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic root)

ทำหน้าที่สร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รากจะแตกออกจากลำต้นหรือกิ่งที่อยู่เหนือดิน และมีสีเขียว เช่น ไทร กร่าง โกงกาง และกล้วยไม้

รากยึดเกาะ (climbing root)

ทำหน้าที่ช่วยพยุงส่วนของลำต้นโดยการยึดเกาะกับสิ่งยึดเกาะอื่นๆ เช่น เสา รั้ว ลำต้นพืชชนิดอื่น โดยรากยึดเกาะจะแตกออกมาจากข้อของลำต้น เช่น พืชต่าง พืชกล้วยไม้ และพริกไทย



พลูด่าง



ปาล์ม

รากหนาม (root thorn)

ทำหน้าที่ช่วยป้องกันอันตรายให้กับโคนของลำต้น โดยแตกออกมาจากบริเวณของลำต้น ในช่วงแรกของการเกิดรากชนิดนี้จะมีลักษณะเหมือนรากทั่วๆ ไป ต่อมาจะพัฒนารูปร่างเป็นหนามแหลม เช่น รากหนามของต้นปาล์มบางชนิด

2.2 ลำต้นและหน้าที่ของลำต้น

ลำต้น (stem) คือ อวัยวะของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่เหนือพื้นดินต่อจากราก มีขนาด รูปร่าง และลักษณะแตกต่างกันไป ลำต้นมีทั้งลำต้นอยู่เหนือดินและลำต้นอยู่ใต้ดิน โดยทั่วไปลำต้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ข้อ ปล้อง และตา



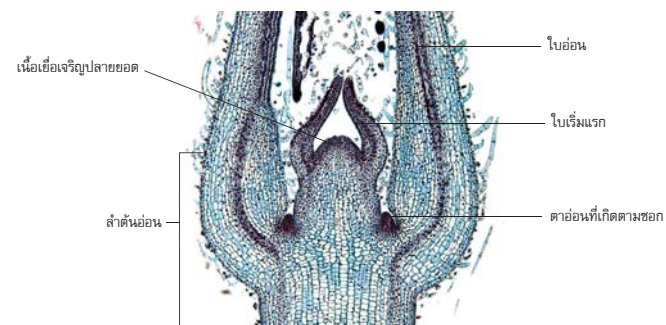
รูปที่ 1.6 โครงสร้างสำคัญของลำต้นพืช

โครงสร้างและการเจริญเติบโตของของลำต้น

โครงสร้างของลำต้นที่อยู่ในการเจริญเติบโตขั้นแรก

เนื้อเยื่อบริเวณปลายยอด

ถ้าศึกษาโครงสร้างของลำต้นโดยการผ่าตามยาวบริเวณปลายยอดแล้วนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบโครงสร้างของลำต้นดังนี้



รูปที่ 1.7 เนื้อเยื่อบริเวณปลายยอดตัดตามยาว

โครงสร้างภายในลำต้น

นักเรียนจะได้ศึกษาเนื้อเยื่อของพืชตัดตามขวางว่ามีเนื้อเยื่ออะไรบ้าง และเนื้อเยื่อเหล่านี้เหมาะสมต่อการทำหน้าที่ของลำต้นอย่างไร



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.3 โครงสร้างภายในของลำต้น

จุดประสงค์

ทดลอง สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของลำต้นพืช

อุปกรณ์

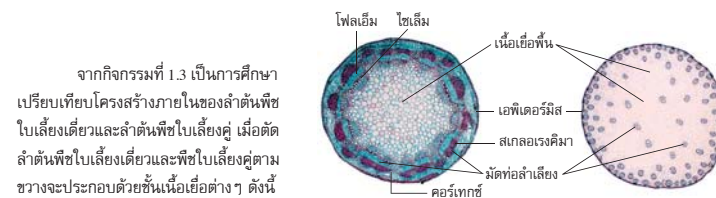
1. ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ชนิดต่างๆ เช่น ถั่ว จามจุรี หม่อนน้อย (หญ้าละออง)
2. ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด หนุ่ยขาน
3. สีชาฟราีนิน หรือสีผสมอาหารสีแดง ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์
4. กล้องจุลทรรศน์
5. เข็มเย็บ
6. จานเพาะเชื้อ
7. ใบมีดโกน
8. พู่กัน
9. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
10. หลอดหยด

วิธีปฏิบัติ

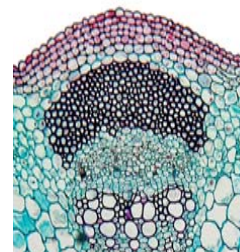
1. ใช้ใบมีดโกนตัดแบ่งลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ (ถั่วเขียว จามจุรี หม่อนน้อย) ที่บริเวณใกล้ยอดและบริเวณใกล้โคนต้นเป็นท่อนสั้นๆ แต่ละท่อนยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำไปตัดตามขวางให้ได้แผ่นบางๆ
2. นำพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข้าว ข้าวโพด หนุ่ยขาน) ส่วนลำต้นมาลอกใบออกแล้วใช้ใบมีดโกนตัดบริเวณตรงกลางปล้องของลำต้นให้เป็นชิ้นบางๆ
3. ใช้พู่กันและชิ้นส่วนของลำต้นที่ฉีกออกมาแล้วแช่ในน้ำสีที่ใสในจานเพาะเชื้อ หรือภาชนะอื่นแยกเป็นจานละชนิด
4. เลือกชิ้นส่วนที่บางและสมบูรณ์ที่ผ่านการย้อมสีแล้วจำนวน 3-4 แผ่น โดยใช้พู่กันและชิ้นส่วนที่เลือกวางลงบนหยดน้ำบนสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ระมัดระวังให้มีฟองอากาศอยู่ภายใน เช็ดน้ำที่ส่วนตรงขอบกระจกปิดสไลด์ อย่าให้ด้านบนกระจกปิดสไลด์เปียกน้ำ
5. นำสไลด์ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์เริ่มจากกำลังขยายต่ำก่อนเพื่อหาชิ้นเนื้อเยื่อที่บางและสมบูรณ์ที่สุด แล้วจึงเปลี่ยนเป็นกำลังขยายสูงขึ้นเพื่อศึกษารายละเอียดของโครงสร้างภายในของลำต้น
6. วาดรูปโครงสร้างของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์
7. เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

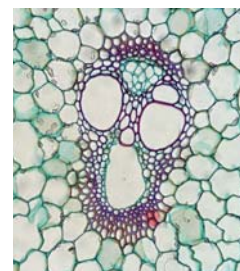
1. โครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ประกอบด้วยเนื้อเยื่ออะไรบ้าง และมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อต่างๆ อย่างไร
2. การจัดเรียงเนื้อเยื่อต่างๆ ภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
3. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร



รูปที่ 1.8 โครงสร้างตัดตามขวางของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ (ซ้าย) ใบเลี้ยงเดี่ยว (ขวา) ในการเจริญเติบโตขั้นแรก



มัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงคู่



มัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

เอพิดอร์มิส (epidermis)

โครงสร้างชั้นนอกสุดประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเพียงแถวเดียวทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับเนื้อเยื่อภายใน บางเซลล์จะสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นขนหรือต่อมได้ และมีสารคิวทินเคลือบอยู่ที่ผนังเซลล์ด้านนอก

คอร์เทกซ์ (cortex)

เนื้อเยื่อที่อยู่ถัดจากชั้นเอพิดอร์มิส ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา คอลเลงคิมา และสเกลอเรนคิมา เรียงตัวกันหลายชั้น ซึ่งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะเห็นได้ชัดเจน

สตีล (stele)

มัดท่อลำเลียงประกอบด้วยกลุ่มฟิลเล็มและไชเล็ม โดยในพืชใบเลี้ยงคู่กลุ่มฟิลเล็มจะอยู่ด้านนอกและไชเล็มอยู่ด้านใน เรียงตัวเป็นวงในแนวรัศมีเดียวกัน มีวาสคิวลาร์เรย์อยู่คั่นระหว่างไชเล็มและฟิลเล็ม ส่วนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมัดท่อลำเลียงซึ่งเป็นกลุ่มฟิลเล็มและไชเล็มกระจายอยู่ทั่วไป แต่พบมากบริเวณที่ติดกับชั้นคอร์เทกซ์ ไม่มีวาสคิวลาร์แคมเปียมคั่นอยู่ระหว่างฟิลเล็มและไชเล็ม

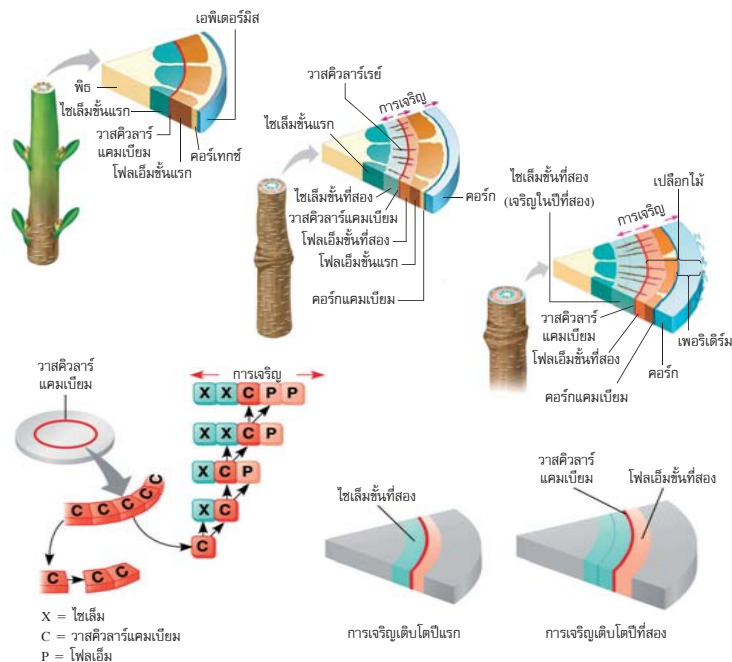
• **วาสคิวลาร์ เรย์** เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาที่อยู่ระหว่างมัดท่อลำเลียง เชื่อมต่อระหว่างคอร์เทกซ์กับปith

• **ปith** เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาทำหน้าที่สะสมแป้งและสารต่างๆ

สำหรับลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชั้นของเนื้อเยื่อต่างๆ คล้ายกับในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่แตกต่างกันตรงที่มดท่อลำเลียงในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะกระจายอยู่ทั่วไป ไม่มีวาสคิวลาร์แคมเบียมคั่นระหว่างไซเล็มและโฟลเอ็ม พืชบางชนิดพืชจะสลายไปกลายเป็นช่องกลวงอยู่ใจกลางลำต้น เรียกว่า **ช่องพิธ (pith cavity)** พบในบริเวณปล้อง เช่น ลำต้นของหญ้าและไม้แคบบริเวณข้อยังคงมีพิธอยู่

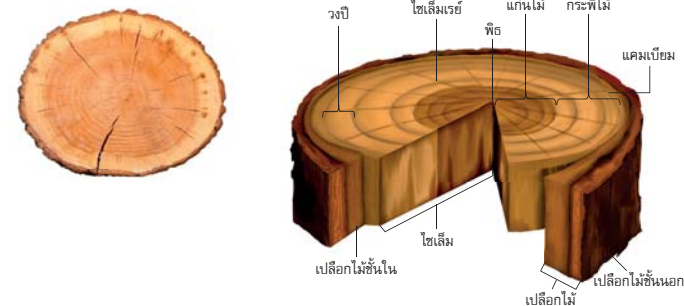
การเจริญเติบโตของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่

พืชใบเลี้ยงคู่ที่มีเนื้อไม้เป็นการเจริญเติบโตเพื่อขยายขนาดทางด้านข้างจะมีวาสคิวลาร์แคมเบียมเกิดขึ้นตรงแนวระหว่างไซเล็มและโฟลเอ็มของการเจริญเติบโตครั้งแรก โดยวาสคิวลาร์แคมเบียมจะแบ่งเซลล์สร้างเนื้อเยื่อไซเล็มชั้นที่สองเพิ่มขึ้นทางด้านในและสร้างเนื้อเยื่อโฟลเอ็มชั้นที่สองเพิ่มขึ้นทางด้านนอก การแบ่งเซลล์ได้ไซเล็มชั้นที่สองจะเกิดขึ้นเร็วว่าการเกิดโฟลเอ็มชั้นที่สอง ในพืชส่วนมากโฟลเอ็มชั้นแรกทางด้านนอกจะถูกโฟลเอ็มชั้นที่สองที่สร้างขึ้นใหม่เบียดจนสลายไปจนหมด ดังนั้นการเจริญชั้นที่สองเป็นการเจริญเติบโตแบบขยายด้านข้าง โดยการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อวาสคิวลาร์แคมเบียมเกิดเป็นเนื้อเยื่อไซเล็มและเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม



รูปที่ 1.9 การเจริญชั้นที่สองของลำต้นพืช

ในรอบหนึ่งปีวาสคิวลาร์แคมเบียมของพืชที่มีเนื้อไม้จะมีการแบ่งเซลล์สร้างไซเล็มและโฟลเอ็มชั้นที่สองจำนวนมากน้อยต่างกันในแต่ละฤดูขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและอาหารในฤดูที่สิ่งแวดล้อมอุดมสมบูรณ์ดี เช่น ฤดูฝน เซลล์ชั้นไซเล็มจะเจริญเร็วมีขนาดใหญ่ทำให้ได้ชั้นไซเล็มกว้างและมีสีจาง ส่วนในฤดูแล้งเซลล์ชั้นไซเล็มจะเจริญช้ามีขนาดเล็กเบียดกันแน่นทำให้เห็นเป็นแถบแคบ ๆ และมีสีเข้ม ลักษณะดังกล่าวทำให้เนื้อไม้มีสีจางและมีสีเข้มสลับกันมองเห็นเป็นวง เรียกว่า **วงปี (annual ring)**



รูปที่ 1.10 ส่วนของเปลือกไม้และวงปี

ไซเล็มที่มีอายุมากที่สุดจะอยู่ชั้นในสุดของลำต้น ถ้าเป็นลำต้นที่มีอายุมาก ๆ ไซเล็มชั้นในจะไม่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำอีกต่อไป แต่จะทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงและอาจสะสมสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งไซเล็มบริเวณนี้จะมีสีเข้มเรียกว่า ไซเล็มบริเวณนี้ว่า **แก่นไม้ (heart wood)** จะมีความแข็งแรงมากกว่าบริเวณอื่น แก่นไม้นี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากไซเล็มชั้นถัดมาที่มีอายุมากขึ้นและอัดดันกลายเป็นแก่นไม้เพิ่มขึ้น ส่วนไซเล็มที่อยู่รอบนอกซึ่งมีสีจางกว่าชั้นในก็ยังคงทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและอาหารต่อไปเรียกชั้นนี้ว่า **กระพี้ไม้ (sap wood)** ชั้นกระพี้ไม้จะไม่มีความหนาจนกระทั่งทั้งกระพี้ไม้และแก่นไม้รวมกันเรียกว่า **เนื้อไม้ (wood)** ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อไซเล็มทั้งหมด

เปลือกไม้ (bark) คือ ส่วนที่อยู่ถัดจากวาสคิวลาร์แคมเบียมออกไปข้างนอก ในลำต้นที่มีอายุน้อยเปลือกไม้ประกอบด้วยเอพิเดอร์มิส คอร์เทกซ์ และโฟลเอ็ม ส่วนลำต้นที่มีอายุมากเอพิเดอร์มิสหลุดสลายไปเหลือแต่เนื้อเยื่อ **คอร์ก (cork)** และ **คอร์กแคมเบียม (cork cambium)** และอาจมีเนื้อเยื่อพาเรไคมาที่เกิดจากการแบ่งตัวของคอร์กแคมเบียม รวมทั้งโฟลเอ็มชั้นที่สองที่สร้างขึ้นใหม่ ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงอาหารแทนโฟลเอ็มชั้นแรกที่ถูกเบียดสลายไป

โดยทั่วไปลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะไม่มีการเจริญเติบโตชั้นที่สอง ยกเว้นพืชบางชนิด เช่น หมากผู้หมากเมีย และจันทน์

หน้าที่และชนิดของลำต้น

หน้าที่ของลำต้น

ลำต้นเป็นส่วนที่เจริญมาจากเอพิคอติล (epicotyl) ของเอ็มบริโอ และหน้าที่ของลำต้นที่สำคัญมีหลายประการ ดังนี้

1. สร้างเนื้อเยื่อและส่วนต่างๆ ของลำต้น เช่น กิ่ง ใบ ดอก
2. ช่วยพยุงและชูส่วนต่างๆ ของลำต้น เช่น กิ่ง ก้าน ใบ ดอก และผล เพื่อให้สามารถรับแสงแดดและนำพลังงานแสงไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมทั้งการสร้างดอกด้วย
3. ลำเลียงสารต่างๆ คือ ลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากราก และลำเลียงสารอาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงไปยังส่วนต่างๆ ของลำต้น เพื่อใช้ในการหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของพืชหรือนำไปเก็บสะสมไว้ที่ส่วนต่างๆ เช่น สะสมไว้ที่ลำต้น ราก และผล
4. หน้าที่พิเศษอื่นๆ เช่น การสะสมอาหาร การเปลี่ยนแปลงไปเป็นมือเกาะ หาม รวมทั้งทำหน้าที่สร้างอาหาร

ชนิดของลำต้น

ชนิดของลำต้นจำแนกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. **ลำต้นเหนือดิน** มีลักษณะลำต้นตั้งตรง มีลักษณะเนื้อไม้ ขนาด และความสูงของลำต้นตลอดทั้งช่วงอายุ แตกต่างกันไป สามารถจำแนกออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

ไม้ยืนต้น (tree)



มะม่วง

ไม้เนื้อแข็ง มีลำต้นขนาดใหญ่ มีลำต้นเพียงต้นเดียวลักษณะเป็นท่อนยาว เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ลำต้นจะมีความสูงตั้งแต่ 4.5 เมตรขึ้นไป ลำต้นแตกกิ่งก้านบริเวณยอด มีอายุหลายปี เช่น ลัก ประดู่ มะม่วง ชุนหุ สลอบอง และสนสามใบ

ไม้พุ่ม (shrub)



เฟื่องฟ้า

ไม้เนื้อแข็ง ลำต้นมีขนาดเล็ก ความสูงน้อยกว่าไม้ยืนต้น ลำต้นที่เจริญเติบโตเต็มที่มีความสูงน้อยกว่า 4.5 เมตร ลำต้นแตกกิ่งก้านในระดับที่อยู่ใกล้พื้นดิน มีอายุหลายปี เช่น เฟื่องฟ้า กระถิน เข็ม และแก้ว

ไม้ล้มลุก (herb)



แตง

มีขนาดเล็ก ไม่มีเนื้อไม้ ลำต้นกลวงหรือเป็นไม้เนื้ออ่อน เมื่อลำต้นเจริญเติบโตจนกระทั่งออกดอกและผล หรือครบวงจรชีวิตแล้วจะตาย มีช่วงอายุสั้น เช่น ดาวเรือง บานชื่น ข้าว หญ้า มะเขือ ถั่ว แตง และผักชนิดต่างๆ

2. **ลำต้นใต้ดิน** มีลักษณะคล้ายราก มีข้อปล้องเป็นปล้องสั้น ๆ บางชนิดจะมีตารูปร่างแตกต่างกันออกไป จำแนกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

2.1 **ไรโซม (rhizome)** เป็นลำต้นใต้ดินที่มีลักษณะเป็นแง่งหรือเหง้า มองเห็นข้อปล้องชัดเจน มีใบเกิดขึ้นที่โคนลำต้นหรือจากข้อปล้องสั้น ๆ เช่น ขิง ข่า ขมิ้น หญ้าเห็ดหูหนู กุหลาบ และพุทธรักษา

2.2 **ทูปอร์ (tuber)** เป็นลำต้นใต้ดินที่มีลักษณะสั้นอ้วนเนื่องจากการสะสมอาหาร และมีข้อปล้องประมาณ 3-4 ข้อ ไม่มีใบเกิดขึ้นที่โคนลำต้น เช่น มันฝรั่ง มันกลอย และมันมือเสือ

2.3 **คอร์ม (corm)** เป็นลำต้นใต้ดินที่มีลักษณะตั้งตรง มีข้อปล้อง มีใบเกิดขึ้นที่โคนลำต้นหรือจากข้อปล้องสั้น ๆ เช่น หัวหอม หัวไชเท้า หัวไชเท้า และหัวไชเท้า

2.4 **บัลบ์ (bulb)** เป็นลำต้นใต้ดินที่มีลักษณะตั้งตรง มีข้อปล้องที่สั้นมาก บางส่วนจะโผล่พ้นเหนือดิน มีใบเกิดขึ้นที่โคนลำต้นหรือจากข้อปล้องสั้น ๆ เช่น หัวหอม หัวไชเท้า หัวไชเท้า และหัวไชเท้า

ไรโซม (rhizome)



ขิง

ทูปอร์ (tuber)



มันฝรั่ง

คอร์ม (corm)



หัวไชเท้า

บัลบ์ (bulb)



กระเทียม

นอกจากนี้ยังพบว่ามีพืชหลายชนิดที่มีลักษณะลำต้นแตกต่างจากที่ได้กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของลำต้นเพื่อทำหน้าที่พิเศษ ได้แก่

1. ลำต้นเลื้อย (prostrate stem) พบในพืชที่มีลำต้นอ่อน เนื้อไม้ไม่แข็งแรง ลำต้นจะเลื้อยหรือทอดยาวไปตามผิวดินหรือผิวน้ำ ตามข้อจะมีรากงอกแทงลงไปในดินเพื่อยึดลำต้น และมีตาแยกที่จะเจริญเป็นรากและลำต้นใหม่ที่ทอดยาวไปตามพื้นดิน เรียกส่วนที่เจริญขึ้นใหม่นี้ว่า **ไหล (stolon หรือ runner)** เช่น พักทอง แตงโม ผักบุ้ง บวบ และสตรอว์เบอร์รี



รูปที่ 1.11 พืชที่มีลำต้นเลื้อย



รูปที่ 1.12 พืชที่มีลำต้นเปลี่ยนเป็นมือเกาะ

2. ลำต้นไต่ (climbing stem) เป็นไม้เลื้อยแต่จะไต่ขึ้นที่สูง แบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ลำต้นที่ไต่พันหลักขึ้นไปเป็นเกลียว หรือ ไทวนอร์ (twiner) เช่น ถั่วฝักยาว ผอของ บอระเพ็ด ชมนาด และเถาวัลย์ชนิดต่าง ๆ

2.2 ลำต้นที่เปลี่ยนไปเป็นมือเกาะ (stem tendril) โดยมือเกาะจะทำหน้าที่พันหลักไต่ขึ้นที่สูง เช่น องุ่น ตำลึง แตงกวา บวบ เสาวรส และพวงชมพู



รูปที่ 1.13 พืชที่มีลำต้นเปลี่ยนเป็นหนาม

2.3 ลำต้นที่ใช้รากพัน (root climber) เป็นลำต้นไต่ขึ้นสูงโดยจะมีรากงอกออกจากข้อช่วยยึดเกาะกับหลักเพื่อพยุงลำต้น เช่น พลู พุดต่าง และพริกไทย

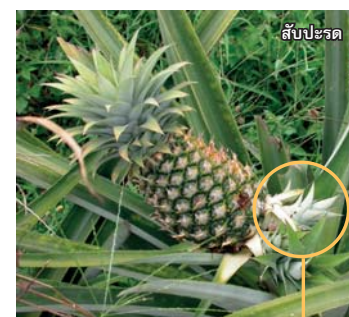
2.4 ลำต้นที่เปลี่ยนเป็นหนาม (stem spine) โดยหนามที่เกิดขึ้นอาจเปลี่ยนแปลงมาจากกิ่งก้านหรือผิวของลำต้น เพื่อใช้ส่วนที่เป็นหนามในการเกาะเกี่ยว รวมทั้งช่วยป้องกันอันตรายให้กับต้นพืช เช่น เฟื่องฟ้า มะนาว มะกูด กุหลาบ และทองหลาง

3. ลำต้นที่เปลี่ยนไปเป็นใบ (cladophyll) ลำต้นจะมีสีเขียว มีลักษณะรูปร่างคล้ายใบ ในพืชบางชนิดอาจมีรูปร่างเป็นแผ่นแบนบาง บางชนิดเป็นเส้นยาวขนาดเล็ก และบางชนิดมีลักษณะอวบน้ำ เช่น สนประดิพัทธ์ โปรงฟ้า หน่อไม้ฝรั่ง พญาไร้ใบ และกระบองเพชร



รูปที่ 1.14 พืชที่มีลำต้นเปลี่ยนเป็นใบ

4. บัลบิล (bulbil) เป็นลำต้นที่มีลักษณะเป็นท่อนเล็ก ๆ มีใบแตกออกมาเป็นกระจุก เช่น ต้นหอม ตะเกียง-สับประรด และศรนารายณ์



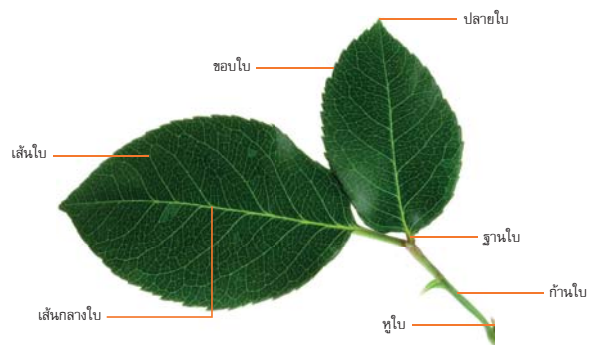
รูปที่ 1.15 พืชที่มีลำต้นแบบบัลบิล

2.3 ใบและหน้าที่ของใบ

ใบทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยมีปัจจัยที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ แสงสว่าง คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ คลอโรฟิลล์ ดังนั้นโครงสร้างของใบจึงต้องเอื้ออำนวยต่อการรับแสง การรับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และการลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร

โครงสร้างภายนอกของใบ

ใบของพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยส่วนบาง ๆ ที่แผ่ขยายออก เรียกว่า **แผ่นใบ (blade)** และมี **ก้านใบ (petiole)** เชื่อมติดกับลำต้นหรือกิ่งทางด้านข้าง อาจมี **หูใบ (stipule)** ที่โคนก้านใบ การที่ใบพืชมีลักษณะแบน มีประโยชน์ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการรับแสงเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และช่วยในการระบายความร้อนได้ดีขึ้น โดยทั่ว ๆ ไปใบของพืชมีสีเขียวเนื่องจากมีคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีที่ทำหน้าที่ดูดซับพลังงานแสงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

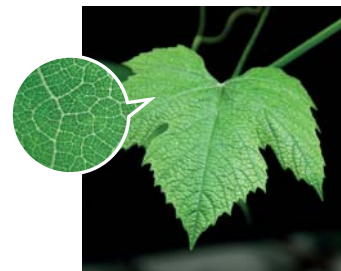


รูปที่ 1.16 โครงสร้างใบพืช

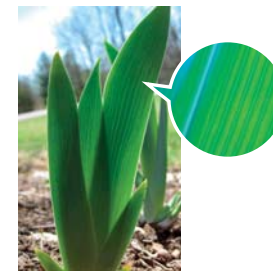
ใบบางชนิดมีสีแดงหรือสีม่วง เป็นเพราะภายในใบมีการสร้างสารสีอื่นๆ อีก เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanin) หรือมีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) มากกว่าคลอโรฟิลล์



พืชใบเลี้ยงคู่จะมี **เส้นใบ (vein)** แตกแขนงออกมาจาก **เส้นกลางใบ (midrib)** เพื่อให้การลำเลียงสารต่างๆ จากท่อลำเลียงไปสู่ทุกๆ เซลล์ของใบดังรูปที่ 1.17 ก ส่วนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีลักษณะก้านใบเป็นกาบที่มีเส้นใบขนาดใหญ่เรียงขนานกันจนถึงปลายใบดังรูปที่ 1.17 ข แต่พืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิดเส้นใบย่อยจะแตกแขนงตั้งฉากกับเส้นใบใหญ่ เช่น ใบกล้วย และเส้นใบย่อยจะเรียงขนานกันเองดังรูปที่ 1.18



ก. พืชใบเลี้ยงคู่



ข. พืชใบเลี้ยงเดี่ยว

รูปที่ 1.17 โครงสร้างภายนอกของใบ



รูปที่ 1.18 ใบกล้วยที่มีเส้นใบย่อยแตกแขนงตั้งฉากกับก้านใบ

นักเรียนอาจจะเคยสังเกตเห็นของพืชมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ใบมะม่วง ใบพริก ในก้านใบ 1 ก้านใบจะมีใบเพียงใบเดียวแต่ใบมะขาม ใบมะพร้าวใน 1 ก้านใบจะมีใบหลายใบ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งใบเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ **ใบเดี่ยว (simple leaf)** และ **ใบประกอบ (compound leaf)**



มะม่วง



ส้มโกล

ใบเดี่ยว (simple leaf)

ใบที่มีใบเดียวใน 1 ก้านใบ เช่น ข้าว กล้วย อ้อย และมะม่วง ใบเดี่ยวของพืชบางชนิดขอบใบจะเว้าเข้าด้านในทำให้มองเห็นคล้ายใบประกอบ เช่น มะละกอ มันสำปะหลัง และสาเก



มะขาม



สตอร์วเบอร์รี่

ใบประกอบ (compound leaf)

ใบที่มีหลายใบในก้านใบ 1 ก้านใบ ใบแต่ละใบของใบประกอบเรียกว่า **ใบย่อย (leaflet)** การจัดเรียงใบประกอบจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

- ใบประกอบแบบนิ้วมือ เป็นใบประกอบที่มีใบย่อยหลายใบแตกออกจากจุดเดียวกันของก้านใบ เช่น นุ่น ผักแว่น สตอร์วเบอร์รี่ ยางพารา และมะขามเทศ
- ใบประกอบแบบขนนก เป็นใบประกอบที่มีใบย่อยแตกจากแกนกลางทั้ง 2 ข้าง เช่น มะขาม กุหลาบ กระถิน อัญชัน จามจุรี หางนกยูงไทย และกำมะปู้

โครงสร้างภายในของใบ

ลักษณะโครงสร้างภายในของใบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ แต่จะประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่างๆ เช่นเดียวกับลำต้น นักเรียนจะได้ศึกษาโครงสร้างภายในของใบจากการทำกิจกรรมที่ 1.4



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.4 โครงสร้างภายนอกและภายในของใบ

จุดประสงค์

ทดลอง สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายนอกและภายในของใบพืช

อุปกรณ์

1. ใบไม้ชนิดต่างๆ เช่น ใบถั่ว ใบกุหลาบ ใบพุทธรูป ใบข้าวโพด ใบว่านกาบหอย
2. กล้องจุลทรรศน์
3. เข็มเขี่ย
4. จานเพาะเชื้อ
5. พู่กัน
6. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
7. หลอดหยด

วิธีปฏิบัติ

1. สังเกตรูปร่าง โครงสร้างภายนอกของใบไม้ชนิดต่างๆ จำนวนใบบนก้านใบ และบันทึกผลการสังเกต
2. ใช้ใบมีดโกนคม ๆ ตัดผิวของใบหรือชั้นของใบตามขวางให้ได้แผ่นบางที่สุดเท่าที่จะทำได้ จำนวนหลายๆ ชิ้น



ใบพืชที่บาง ม้วนใบไม่ได้ตามความยาวให้แน่น เป็นท่อนกลม ตัดปลายข้างหนึ่งทิ้งไปประมาณ 1 ใน 3 ของความยาวทั้งหมด

ใบพืชที่หนาและแข็ง เช่น ใบว่าน กาบหอย ให้ตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ พอจับถือได้พอดี

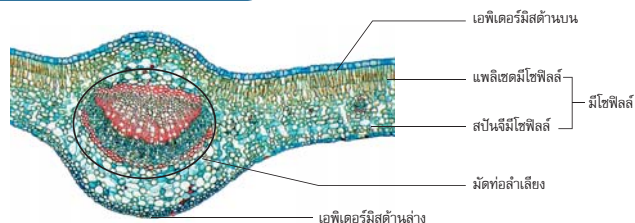
- นำส่วนของใบที่ตัดได้หลาย ชิ้น ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่มีน้ำ เลือกชิ้นที่บางที่สุด 2-3 ชิ้น วางบนหยดน้ำบนสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ
- นำสไลด์ที่เตรียมได้ไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายต่าง ๆ วาดรูป และบันทึกผลการศึกษา
- เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

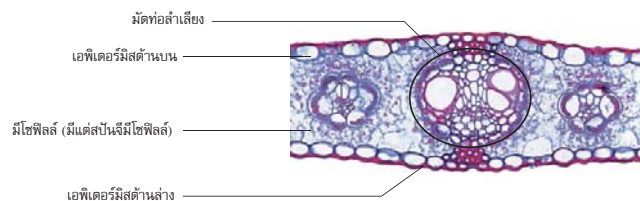
- โครงสร้างภายนอกของใบพืชแต่ละชนิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- โครงสร้างภายในของใบพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่ออะไรบ้าง เนื้อเยื่อแต่ละชนิดมีลักษณะอย่างไร
- โครงสร้างภายในของใบพืชแต่ละชนิดมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อต่าง ๆ เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

จากกิจกรรมที่ 1.4 พบว่าโครงสร้างภายในของใบ เมื่อตัดตามขวางแล้วนำมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายสูง จะมีลักษณะของเนื้อเยื่อและการเรียงตัวของเนื้อเยื่อดังนี้

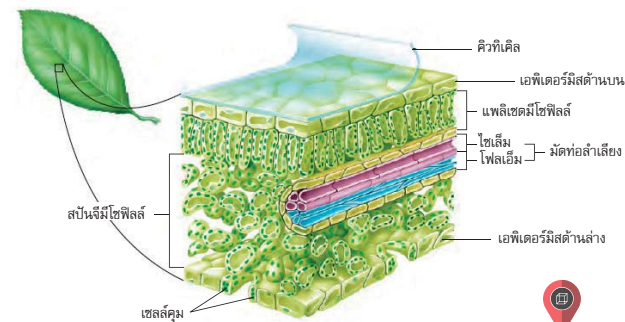
โครงสร้างภายในของใบพืชใบเลี้ยงคู่



โครงสร้างภายในของใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



โครงสร้างเนื้อเยื่อภายในของใบพืช



โครงสร้างใบของพืชเป็นอย่างไร

เอพิเดอร์มิส	มีโซฟิลล์	มัดท่อลำเลียง
- เป็นเนื้อเยื่อผิวปกคลุมทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ - ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับเนื้อเยื่อภายใน และป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกจากใบ - มีสารคิวทิเคิลเคลือบอยู่ที่ผิวด้านนอก - ไม่พบคลอโรพลาสต์ในเซลล์เนื้อเยื่อชั้นนี้ ยกเว้นส่วนที่เป็นเซลล์คุม	เป็นเนื้อเยื่อที่กั้นอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิสด้านบนและด้านล่าง เซลล์ในชั้นนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แพลเลอชามีโซฟิลล์ อยู่ติดเอพิเดอร์มิสด้านบน เซลล์มีรูปร่างทรงสูงแคบ เรียงตัวเป็นแถวอัดกันแน่น ภายในเซลล์จะมีคลอโรพลาสต์อยู่จำนวนมาก สปันจิมโซฟิลล์ อยู่ถัดจากแพลเลอชามีโซฟิลล์จนถึงเนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิสด้านล่าง ประกอบด้วยเซลล์พาราคีมา เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ ในเซลล์จะมีคลอโรพลาสต์อยู่แต่น้อยกว่าแพลเลอชามีโซฟิลล์	- พบในชั้นสปันจิมโซฟิลล์เป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วยไซเล็มและโฟลเอ็มเรียงตัวติดต่อกันในเส้นใบ - ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และอาหารไปหล่อเลี้ยงใบ - พืชบางชนิดมัดท่อลำเลียงจะมีบันเดิลชีทล้อมรอบอยู่ เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับมัดท่อลำเลียง

หน้าที่และชนิดของใบ

หน้าที่ของใบ

ใบมีหน้าที่สำคัญ คือ สร้างอาหารโดยการสังเคราะห์ด้วยแสง หายใจ คายน้ำ และแลกเปลี่ยนแก๊ส นอกจากนี้ใบยังมีหน้าที่อื่นๆ คือ สะสมอาหาร เป็นมือเกาะ เป็นพื่นลอย ขยายพันธุ์ และกับดักแมลง

ชนิดของใบ

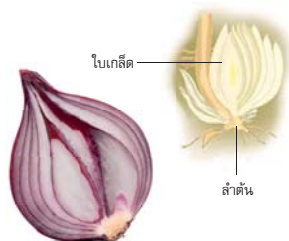
ใบสามารถจำแนกออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

1. ใบเลี้ยง (cotyledon) เป็น

ใบที่อยู่ในเมล็ดและเป็นใบแรกที่งอกออกจากเมล็ด ทำหน้าที่สะสมอาหารไว้เลี้ยงต้นอ่อนขณะที่ยังไม่มียอดงอกออกมา ใบจะมีลักษณะอวบอ้วน เนื่องจากอาหารที่สะสมไว้ โดยพืชใบเลี้ยงคู่จะมี 2 ใบเลี้ยง ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีใบเลี้ยงเพียงใบเดียว



รูปที่ 1.19 ใบเลี้ยงของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



ใบเกล็ด

ลำต้น

รูปที่ 1.20 ใบเกล็ด

2. ใบเกล็ด (scale leaf) เป็นใบที่เปลี่ยนสภาพ

มาจากใบแท้ มีลักษณะเป็นแผ่นเล็กๆ ในพืชบางชนิดมีสีเขียว แต่ในพืชบางชนิดไม่มีสีเขียว ทำหน้าที่ห่อหุ้มตาและยอดอ่อนเพื่อป้องกันอันตราย และในพืชบางชนิดยังทำหน้าที่สะสมอาหาร เช่น ใบเกล็ดของหัวหอม กระเทียม พริกขี้หนู และว่านสี่ทิศ



เพ็ญฟ้า

รูปที่ 1.21 ใบดอก

3. ใบดอก (floral leaf) เป็นใบที่เปลี่ยนแปลงไปเป็น

ส่วนของดอก มีสีส้มแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช บางชนิดใบดอกจะมีกลิ่นหอม ทำหน้าที่ในการล่อแมลงเพื่อช่วยในการถ่ายเรณู เช่น เพ็ญฟ้า หนั้ว

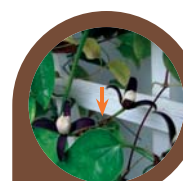
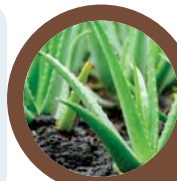
4. ใบแท้ (foliage leaf) เป็นใบที่พบเห็นทั่วๆ

ไปรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ส่วนใหญ่มีสีเขียว ทำหน้าที่สร้างอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊ส และคายน้ำ ใบที่สามารถจำแนกโดยพิจารณาจากจำนวนใบที่แยกออกจากกันเป็น 2 ชนิด คือ ใบเดี่ยวและใบประกอบ

5. ใบพิเศษ (storage leaf) เป็นใบที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปทำหน้าที่พิเศษอื่นๆ ดังนี้

ใบสะสมอาหาร (storage leaf)

ใบที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่สะสมอาหาร เช่น กระเทียม ว่านหางจระเข้ กุหลาบหิน

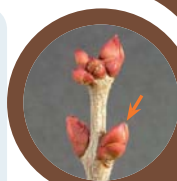


ใบที่เปลี่ยนเป็นมือเกาะ (leaf tendrils)

เปลี่ยนแปลงมาจากส่วนหนึ่งของใบหรือทั้งหมด ทำหน้าที่ในการยึดเกาะพยุงลำต้น เช่น มะระ พวงแก้วกุดั่น แดงกวา

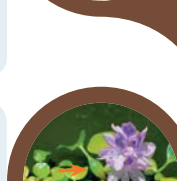
เกล็ดหุ้มตา (scale bud)

ใบที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่หุ้มตาเพื่อช่วยป้องกันอันตรายให้กับตา มีลักษณะเป็นเกล็ดบางๆ ไม่มีคลอโรฟิลล์ เช่น ยาง จำปี สาเก



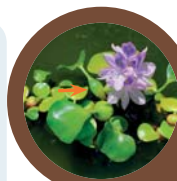
ใบที่เปลี่ยนเป็นหนาม (leaf spine)

หนามเปลี่ยนแปลงมาจากใบ หรือขอบใบ หรือใบทั้งใบ ช่วยป้องกันอันตรายและลดการคายน้ำ เช่น กระบองเพชร สับปะรด ว่านหางจระเข้



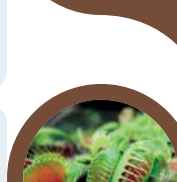
ใบลอยน้ำหรือพื่นลอย (floating leaf หรือ buoyancy leaf)

ใบที่ก้านใบเปลี่ยนไปเป็นพื่นลอยน้ำ ก้านใบจะมีลักษณะพองโตช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวา บัว จอก



ใบขยายพันธุ์ (reproductive leaf)

ใบที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อการขยายพันธุ์ของพืชชนิดนั้นๆ เช่น ใบของโคมญี่ปุ่น สั่นมังก



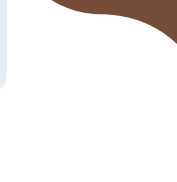
ใบกับดักแมลง (carnivorous leaf)

ใบที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อกดักจับแมลง ภายในมีเอนไซม์สำหรับย่อยแมลงที่จับได้ เช่น กาบหอยแครง หยาดน้ำค้าง สาหร่ายข้าวเหนียว



ใบก้าน (phyllode)

ส่วนของก้านใบที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่คล้ายใบ มีลักษณะคล้ายใบแต่แข็งกว่า เช่น กระถินณรงค์





กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.2

จงตอบคำถามต่อไปนี้

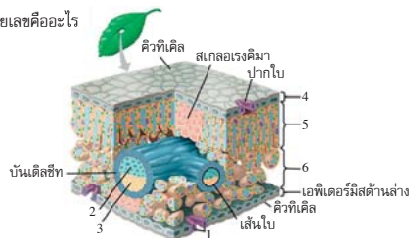
1. จากรูปโครงสร้างใดต่อไปนี้ เป็นรากหรือลำต้น เพราะเหตุใด

ลักษณะภายในของพืช	ราก/ลำต้น	ใบเลี้ยงเดี่ยว/ใบเลี้ยงคู่	สังเกตได้จาก

ให้นักเรียนบันทึกชื่อในสมุดประจำตัวนักเรียน

2. จากรูปให้ตอบคำถามว่าแต่ละหมายเลขคืออะไร

- 1 คืออะไร
- 2 คืออะไร
- 3 คืออะไร
- 4 คืออะไร
- 5 คืออะไร
- 6 คืออะไร



3. การลำเลียงของพืช



แนวคิดสำคัญ

พืชมีกลไกการลำเลียงน้ำและอาหารในดินเข้าสู่เซลล์ที่หลากหลาย แต่โดยทั่วไปจะอาศัยการแพร่ผ่านเนื้อเยื่อเข้าสู่เซลล์บริเวณรากแล้วลำเลียงผ่านไซเลมขึ้นสู่ลำต้นโดยอาศัยปัจจัยหลายอย่าง เช่น แรงดึงดูดจากการคายน้ำ รวมทั้งการยึดเกาะของโมเลกุลน้ำและอาหาร นอกจากนี้ปัจจัยภายนอกยังมีผลต่อการลำเลียงสารของพืช เช่น ความชื้นในอากาศ แรงลม แสง อุณหภูมิ และปริมาณแก๊ส



”

พืชมีกลไกการลำเลียงน้ำ และอาหารที่ได้รับจากการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนหรือต่างกันอย่างไร



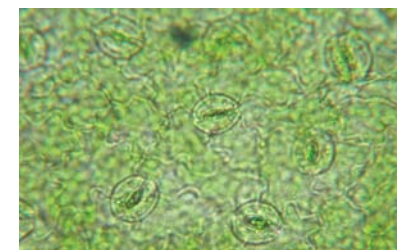
3.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช

การแลกเปลี่ยนแก๊สของพืช

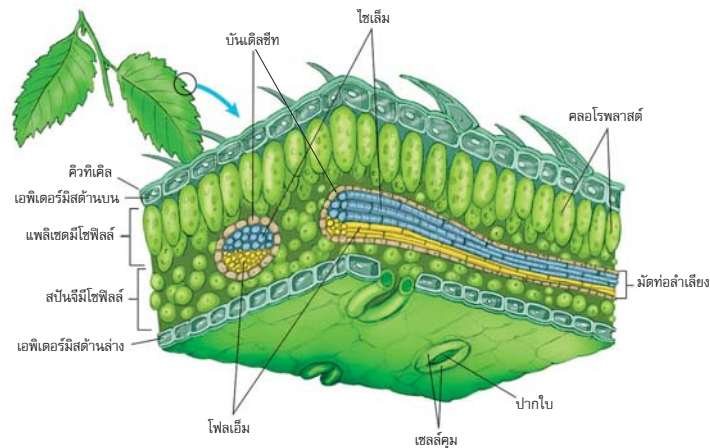
การสร้างอาหารของพืชต้องใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รากพืชดูดน้ำจากดินและลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ทางไซเลม ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้นพืชได้รับจากกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะแพร่ผ่านเข้าไปในพืชทางรูปากใบ

ผิวใบของพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิสทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งเซลล์ส่วนใหญ่ไม่มีคลอโรพลาสต์ เซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสบางเซลล์เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เป็น **เซลล์คุม (guard cell)** อยู่เป็นคู่ ระหว่างเซลล์คุมเป็น **ปากใบ (stoma)** แก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งไอน้ำจะแพร่เข้าออกทางปากใบ

ปากใบจะเปิดเป็นช่องเล็กๆ อยู่เสมอ เพื่อให้แก๊สออกซิเจนแพร่เข้าไปในเซลล์ได้ เมื่อออกซิเจนผ่านเข้าปากใบแล้วก็จะแพร่เข้าสู่เซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงและก็แพร่ไปยังเซลล์อื่นๆ เซลล์พืชจะใช้ออกซิเจนในการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงานแล้วปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกทางปากใบเช่นกัน

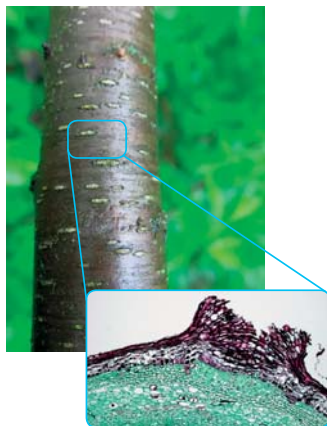


รูปที่ 1.22 ลักษณะปากใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 1.23 โครงสร้างของใบพืช

นอกจากปากใบแล้วพืชบางชนิดอาจแลกเปลี่ยนแก๊สหรือคายน้ำทาง**ช่องอากาศหรือเลนทิเซล (lenticel)** ซึ่งเป็นรอยแตกเล็กๆ ตามเปลือกลำต้นของพืชที่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิ อาจจะเป็นรอยตามขวางหรือตามยาวก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช แต่การแลกเปลี่ยนแก๊สตรงรอยแตกนี้เกิดได้น้อยกว่าที่ปากใบมาก เพราะเซลล์ของเลนทิเซลเป็นคอร์กเซลล์ทำให้แก๊สและไอน้ำผ่านเข้า-ออกได้น้อย นอกจากนี้รากพืชก็มีการหายใจเช่นกัน โดยมีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเซลล์ของราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณขนราก ซึ่งเป็นส่วนของเซลล์เอพิดERMิสที่ยื่นออกมาสัมผัสกับน้ำและอากาศภายในดิน ดังนั้นการที่ดินร่วนซุย การพรวนดิน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยทำให้ดินร่วนซุยไม่จับกันแน่น อากาศจะถ่ายเทได้ดี ทำให้รากพืชหายใจได้ดีด้วย จึงทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตได้ดี



รูปที่ 1.24 ช่องอากาศหรือเลนทิเซล



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.5 ลักษณะเซลล์คุมและปากใบ

จุดประสงค์

ทดลอง สังเกต และอธิบายลักษณะเซลล์คุมและปากใบ

อุปกรณ์

1. ใบไม้ชนิดต่างๆ
2. ใบมดโกน
3. กล้องจุลทรรศน์
4. เช็มเยื่อ
5. จานเพาะเชื้อ
6. พู่กัน
7. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
8. หลอดหยด

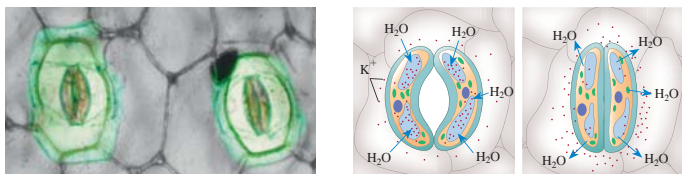
วิธีปฏิบัติ

1. นำใบไม้สด เช่น ใบชา ใบว่านกาบหอย ใบหัวใจม่วง ใบเงินใบทอง ใบขึ้นฉ่าย มาฉีกตามแนวทแยงเป็นแผ่นบางๆ โดยขึ้นส่วนของใบไม้ที่ฉีกต้องติดผิวใบด้านล่างมาด้วย
2. ใช้ใบมดโกนตัดเยื่อที่บางที่สุดวางบนสไลด์ หยดน้ำลงบนชิ้นส่วนของใบพืชเล็กน้อย ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์
3. สังเกต วาดรูป และบันทึกผลที่ได้จากการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์
4. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-3 แต่เปลี่ยนชิ้นส่วนของใบไม้ที่ฉีก โดยขึ้นส่วนของใบไม้ที่ฉีกต้องติดผิวใบด้านบน
5. ศึกษาเปรียบเทียบจำนวนปากใบที่พบบริเวณผิวใบด้านบนกับด้านล่างของใบ
6. เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จำนวนปากใบที่พบบริเวณผิวใบด้านบน (หลังใบ) และผิวใบด้านล่าง (ท้องใบ) เท่ากันหรือไม่ อย่างไร
2. เซลล์คุมและปากใบพบมากที่สุดในส่วนใดของใบ เพราะเหตุใด
3. เซลล์คุมที่ใบของพืชแต่ละชนิดมีจำนวนเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
4. ลักษณะของเซลล์คุมในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
5. จากกิจกรรมนี้สรุปได้ว่าอย่างไร

ปากใบจะเปิดเมื่อเซลล์คุมเต่ง และปิดเมื่อเซลล์คุมสูญเสียความเต่ง ซึ่งการที่เซลล์คุมเต่งและสูญเสียความเต่งเกิดจากความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ โดยเมื่อภายในเซลล์คุมมีปริมาณโพแทสเซียมไอออนเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์สูงขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงแพร่เข้าสู่เซลล์คุม ทำให้เซลล์คุมเต่งและเปลี่ยนรูปร่างไปทำให้ปากใบเปิด ในทางตรงกันเมื่อปริมาณโพแทสเซียมไอออนในเซลล์คุมลดลงจะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์คุมลดลง น้ำจะแพร่ออกจากเซลล์คุมทำให้เซลล์คุมเปลี่ยนรูปร่างไปทำให้ปากใบปิด



รูปที่ 1.25 กลไกการเปิด-ปิดของปากใบ

โดยทั่วไปปากใบมักจะเปิดในเวลากลางวันเพื่อนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงและปิดในเวลากลางคืน แต่พืชชอบน้ำ เช่น กระบองเพชรที่เจริญในที่แห้งแล้ง ปากใบจะเปิดในเวลากลางคืน และปิดในเวลากลางวันเพื่อลดการสูญเสียน้ำในเวลากลางวัน พืชตระกูลนี้จะตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แล้วเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์เก็บสะสมไว้ในแวคิวโอล ในเวลากลางวันพืชจะนำคาร์บอนไดออกไซด์จากกรดอินทรีย์มาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนี้พืชบางชนิดยังมีการปรับโครงสร้างให้มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำ โดยรากจะมีการแผ่ขยายเป็นบริเวณกว้าง หรือมีรากยาวเหยียดถึงลงไปใต้ดิน เช่น หญ้าแฝก พืชบางชนิดลำต้นและใบอบน้ำเพื่อสะสมน้ำ มีขนปกคลุมปากใบจำนวนมาก มีคิวทินที่มีผิวใบหนา ใบลดรูปให้มีขนาดเล็กลงหรือใบเปลี่ยนไปเป็นหนาม บางชนิดมีโครงสร้างที่ช่วยลดการคายน้ำ เช่น ปากใบอยู่ต่ำกว่าระดับผิวใบ (sunken stomata) เช่น ปากใบของต้นยี่โถ

การคายน้ำ

การกำจัดน้ำส่วนเกินหรือการสูญเสียน้ำของพืชโดยส่วนใหญ่จะกำจัดออกมาในรูปของไอน้ำ เรียกกระบวนการนี้ว่า **การคายน้ำ (transpiration)** การคายน้ำของพืชเกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงรอยละ 90 ที่ปากใบ ส่วนที่ผิวใบจะเกิดขึ้นเพียงบางส่วน เนื่องจากมีสารคิวทินเคลือบอยู่

การกำจัดน้ำหรือการสูญเสียน้ำของพืชอาจเกิดขึ้นในรูปของหยดน้ำซึ่งเรียกว่า **กัตเตชัน (guttation)** เนื่องจากจากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีค่าสูงขณะเดียวกันแรงดันน้ำภายในลำต้นพืชก็มีค่าสูงมากเช่นเดียวกัน น้ำจึงถูกกำจัดออกทางกลุ่มรูเปิดที่ผิวใบซึ่งเรียกว่า **ไฮดาโทด (hydathode)** มีลักษณะเป็นหยดน้ำที่เกิดขึ้นที่บริเวณปลายใบหรือขอบใบซึ่งเป็นตำแหน่งปลายท่อลำเลียงในใบไม้



กัตเตชันที่ใบสตรอว์เบอร์รี



กัตเตชันที่ใบหญ้า

รูปที่ 1.26 กัตเตชันของพืช

อุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นอากาศจะแห้ง น้ำจะแพร่ออกจากปากใบมากขึ้น ทำให้พืชขาดน้ำมากขึ้น

ความชื้น

ถ้าความชื้นในอากาศลดลงปริมาณน้ำในใบ และในอากาศแตกต่างกันมากขึ้น จึงทำให้ไอน้ำแพร่ออกจากปากใบมากขึ้น เกิดการคายน้ำเพิ่มมากขึ้น

ลม

ลมที่พัดผ่านจะพาไอน้ำที่ผิวใบและบริเวณโดยรอบออกไปด้วย ไอน้ำในอากาศบริเวณนั้นจะลดลงทำให้ไอน้ำจากปากใบแพร่ออกมามากขึ้น แต่เมื่อลมพัดแรงมากปากใบจะปิด

สภาพน้ำในดิน

เมื่อปริมาณน้ำในดินลดลงจนทำให้พืชเริ่มขาดแคลนน้ำ พืชจะสังเคราะห์ **กรดแอบไซซิก (abscisic acid : ABA)** ซึ่งมีผลทำให้ปากใบปิด การคายน้ำจึงลดลง

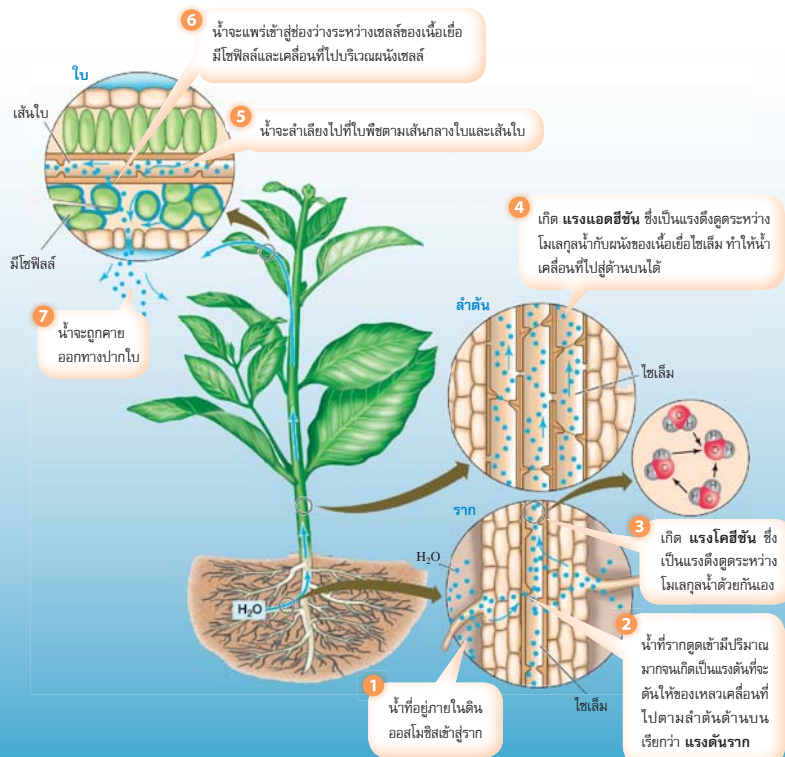
ความเข้มของแสง

ความเข้มของแสงเกี่ยวข้องกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสารละลายภายในเซลล์คุม ดังนั้นเมื่อความเข้มของแสงมากขึ้นจะเป็นผลให้พืชมีการคายน้ำมากขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ

3.2 การลำเลียงน้ำของพืช

พืชที่ไม่มีท่อลำเลียง เช่น มอสส์ ซึ่งเป็นพืชมีขนาดเล็กและอาศัยในบริเวณที่มีความชื้นสูงมีรูปร่างเพียงพอลเซลล์ทุกเซลล์ได้รับน้ำอย่างทั่วถึงโดยการแพร่จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง ส่วนพืชที่มีขนาดใหญ่จะใช้วิธีการเช่นเดียวกับมอสส์ไม่ได้ จำเป็นต้องมีท่อลำเลียงจากรากขึ้นไปเลี้ยงเซลล์ที่อยู่ปลายยอด พืชมีวิธีการลำเลียงน้ำจากรากไปสู่ปลายยอดได้อย่างไร นักเรียนสามารถศึกษาได้จากแผนภาพต่อไปนี้



แรงดันจากการคายน้ำ

การคายน้ำของพืชจะมีผลต่อแรงดันเคอซีชันและแรงดันแอตเทรชันทำให้น้ำเคลื่อนที่ไปตามท่อเนื้อเยื่อไซเล็ม ขณะเดียวกันการคายน้ำยังทำให้พืชสามารถดึงน้ำจากดินเข้าสู่รากเพื่อลำเลียงเข้าสู่ส่วนบนของลำต้นได้

การลำเลียงน้ำของพืชที่มีท่อลำเลียงมีเส้นทางการเคลื่อนที่ของน้ำ 2 ลักษณะ คือ

1. **การเคลื่อนที่ของน้ำแบบอพอพลาสต์ (apoplast)** เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำ โดยน้ำจะถูกลำเลียงเข้าไปในเซลล์ผ่านทางผนังเซลล์ด้านที่ไม่มีเมมเบรนแคสพารีนาเรียสตรีกเข้าสู่เซลล์ของไซเล็มด้วยการลำเลียงแบบอพอพลาสต์
2. **การเคลื่อนที่ของน้ำแบบซิมพลาสต์ (symplast)** เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านไซโทพลาสซึมที่เรียกว่า **พลาสโมเดสมตา (plasmodesmata)** ระหว่างเซลล์ ทำให้น้ำเคลื่อนที่จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งและลำเลียงเข้าสู่เนื้อเยื่อไซเล็มได้



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.6 อัตราการคายน้ำของพืช

จุดประสงค์

สังเกตและอธิบายอัตราการคายน้ำของพืช

อุปกรณ์

1. กิ่งไม้
2. กล้องพลาสติก
3. โคมไฟ
4. ขูดชาตัง
5. ท่อพลาสติก
6. ไม้บรรทัด
7. วาสลิน
8. หลอดคะปิลารีหรือปิเปตต์

วิธีปฏิบัติ

1. เสียบหลอดคะปิลารีหรือปิเปตต์ข้างหนึ่งเข้าไปในท่อพลาสติก
2. นำกิ่งไม้ไปแช่น้ำ แล้วนำมาตัดโคนออกเล็กน้อย การตัดกิ่งไม้ต้องทำได้ฉิวน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองอากาศเกิดขึ้นในกิ่งไม้
3. เสียบกิ่งไม้เข้ากับท่อพลาสติกขณะที่อยู่ในน้ำ โดยที่กิ่งไม้จะต้องกระชับพอดีกับท่อพลาสติก (อาจใช้วาสลินช่วย) เพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปได้
4. ยกหลอดคะปิลารีขึ้นจากน้ำ ใช้กระดาษเยื่อซับน้ำจากปลายหลอดออกเล็กน้อย เพื่อให้มีฟองอากาศ
5. วัดระยะที่ฟองอากาศเคลื่อนที่ โดยวัดจากจุดเริ่มต้นทุก ๆ 3 นาที นานประมาณ 18 นาที บันทึกผล



6. เมื่อทำการทดลองข้อ 1-5 แล้วแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม
 - กลุ่มที่ 1 ตั้งการทดลองเช่นเดียวกับครั้งแรก แต่เติบใบไม้่ออกให้เหลือจำนวนใบเพียง 1 ใน 4 ของจำนวนเดิม ใช้วาสลินทาตรงรอยตัดแล้วตั้งเครื่องมือไว้ที่เดิม วัฏระยะที่พองอากาศเคลื่อนที่ไปเช่นเดียวกับข้อ 5
 - กลุ่มที่ 2 ตั้งการทดลองเช่นเดียวกับครั้งแรก แต่มีโคมไฟตั้งอยู่ใกล้ๆ โดยให้แสงไฟส่องถูกใบอยู่ตลอดเวลา วัฏระยะที่พองอากาศเคลื่อนที่เช่นเดียวกับข้อ 5
7. นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 5 กับข้อมูลของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของพองอากาศเมื่อถึงไม่มีใบมากกับมีใบน้อย และอัตราการเคลื่อนที่ของพองอากาศเมื่อใบไม้ได้รับความเข้มของแสงมากกับความเข้มของแสงน้อย
8. เขียนรายงานผลการทดลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วร่วมอภิปรายในชั้นเรียน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรมนี้กำหนดสมมติฐานและตัวแปรการทดลองได้อย่างไร
2. จากการทดลองเมื่อพืชมีจำนวนใบบนต้นไม่เท่ากัน กราฟที่แสดงอัตราการเคลื่อนที่ของพองอากาศจะมีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
3. จำนวนใบของพืชมีความสัมพันธ์กับอัตราการเคลื่อนที่ของพองอากาศอย่างไร
4. ความเข้มของแสงมีความสัมพันธ์กับอัตราการเคลื่อนที่ของพองอากาศอย่างไร
5. จากกิจกรรมนี้สรุปได้อย่างไร

3.3 การลำเลียงอาหารของพืช

การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช

เมื่อพืชลำเลียงผ่านชั้นคอร์เทกซ์ของรากเข้าสู่ไซเล็ม น้ำที่พืชลำเลียงมาจากดินจะมีธาตุอาหารละลายอยู่ด้วย ซึ่งพืชจะนำธาตุอาหารไปใช้ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต

นักเรียนเคยสงสัยหรือไม่ว่า พืชต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณเท่ากันหรือไม่ ซึ่งได้มีผู้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของพืชดังตารางที่ 1.1



ตารางที่ 1.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช และปริมาณของธาตุอาหารแต่ละชนิดที่พบในพืช

ธาตุ	สัญลักษณ์ธาตุ	รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้	ค่าร้อยละของธาตุที่พบในเนื้อเยื่อพืช (น้ำหนักแห้ง)
โมลิบดีนัม	Mo	MoO_4^{2-}	0.00001
ทองแดง	Cu	Cu^+ , Cu^{2+}	0.006
แมงกานีส	Mn	Mn^{2+}	0.005
นิกเกิล	Ni	Ni^{2+}	0.003
สังกะสี	Zn	Zn^{2+}	0.002
โบรอน	B	H_2BO_3^-	0.002
เหล็ก	Fe	Fe^{2+}	0.01
คลอรีน	Cl	Cl^-	0.01
กำมะถัน	S	SO_4^{2-}	0.1
ฟอสฟอรัส	P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	0.2
แมกนีเซียม	Mg	Mg^{2+}	0.2
แคลเซียม	Ca	Ca^{2+}	0.5
โพแทสเซียม	K	K^+	1.0
ไนโตรเจน	N	NO_3^- , NH_4^+	1.5
ไฮโดรเจน	H	H_2O	6
ออกซิเจน	O	O_2 , H_2O , CO_2	45
คาร์บอน	C	CO_2	45

จากตารางที่ 1.1 พบว่า พืชต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณไม่เท่ากัน การให้ปุ๋ยเป็นการเพิ่มธาตุอาหารแก่พืช ถ้าให้มากเกินไปความตึงเครียดของพืชจะเป็นการเปลี่ยนแปลงและอาจทำให้พืชตายได้ ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการตรวจสอบธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน และวิเคราะห์อาการของพืชว่าขาดธาตุใด

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชสามารถจำแนกความต้องการของพืชออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

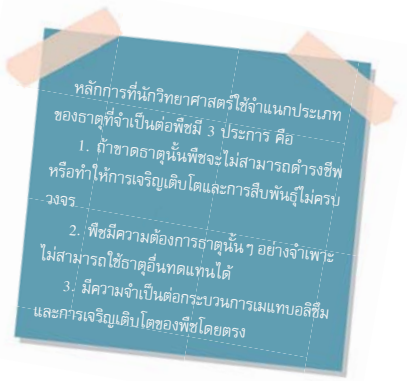
1. ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก (macronutrients) มี 9 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

2. ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณเพียงเล็กน้อย (micronutrients) ได้แก่ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) โมลิบดีนัม (Mo) คลอรีน (Cl) และนิกเกิล (Ni)

ธาตุอาหาร 2 กลุ่มนี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเท่าเทียมกัน แต่ปริมาณที่พืชต้องการแตกต่างกัน องค์ประกอบของพืชประมาณร้อยละ 96 ของน้ำหนักแห้งของพืช ประกอบด้วย C H O ซึ่งธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้พืชได้รับจากน้ำและอากาศอย่างเพียงพอ

นอกจากนี้ยังอาจจัดแบ่งธาตุอาหารออกเป็น 3 กลุ่ม ตามหน้าที่ทางสรีรวิทยาและชีวเคมี ดังนี้

1. เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ภายในพืช ได้แก่
 - 1.1 เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์หลัก ได้แก่ C H O N
 - 1.2 เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเมแทบอลิซึม เช่น P ในสาร ATP และ Mg ที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์
2. กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เช่น Fe Cu Zn Mn Cl
3. ควบคุมแรงดันออสโมติก เช่น K ช่วยรักษาความเต่งของเซลล์คุม



ธาตุอาหารแต่ละชนิดมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชอย่างไร



ตารางที่ 1.2 หน้าที่และอาการที่พืชตอบสนองต่อธาตุอาหารบางชนิด

ธาตุ	หน้าที่	อาการที่แสดงออกเมื่อขาดธาตุ	อาการที่แสดงออกเมื่อได้รับปริมาณธาตุมากเกินไป
คาร์บอน	เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์	-	-
ไฮโดรเจน	เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์	-	-
ออกซิเจน	เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์	-	-
ไนโตรเจน	- เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารภายในเซลล์ เช่น โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก โคเอนไซม์ ฮอร์โมน ATP - เร่งการเจริญเติบโตของลำต้น ใบ และหัว	- ใบมีสีเหลืองทั้งใบ เริ่มเหลืองที่ใบแก่ก่อน - ลำต้นผอมสูง หักล้มง่าย	- ใบมีสีเขียวเข้ม - มีใบจำนวนมาก - ลำต้นเติบโตมากกว่าราก
ฟอสฟอรัส	- เป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดนิวคลีอิก ATP เยื่อหุ้มต่างๆ (ฟอสโฟลิพิด)	- การเจริญเติบโตชะงัก - ใบแก่มีสีเขียวเข้ม - ก้านใบหรือใบอาจมีสีแดงหรือสีม่วง	- ใบอ่อนมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ แต่เส้นใบมีสีเขียว - เนื้อเยื่อใบตาย ขอบใบไหม้
โพแทสเซียม	- ควบคุมแรงดันออสโมติกของเซลล์คุม - รักษาสมดุลของไอออนภายในเซลล์ - กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ - ควบคุมการสังเคราะห์และการเคลื่อนย้ายแป้ง	- ใบเหลือง - ขอบใบและปลายใบไหม้ - เนื้อเยื่อส่วนใบตายเป็นจุดๆ โดยเกิดที่ใบแก่ก่อน	-
แคลเซียม	- เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ - เกี่ยวกับการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด	- เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดและปลายรากตาย - ใบอ่อนหงิกงอ - ปลายใบขอบใบเหี่ยว	-

ตารางที่ 1.2 หน้าที่และอาการที่พืชตอบสนองต่อธาตุอาหารบางชนิด (ต่อ)

ธาตุ	หน้าที่	อาการที่แสดงออกเมื่อขาดธาตุ	อาการที่แสดงออกเมื่อได้รับปริมาณธาตุมากเกินไป
แมกนีเซียม	- เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ - กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ - กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเคลื่อนย้ายฟอสเฟต	- ใบมีสีเหลืองบริเวณระหว่างเส้นใบ เกิดที่ใบแก่ก่อน - เกิดจุดสีแดงบนใบ - ปลายและขอบใบม้วนเป็นรูปถ้วย	-
กำมะถัน	- เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนบางชนิด เช่น เมไทโอนีน และเป็นองค์ประกอบของโคเอนไซม์เอ - เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ กระบวนการหายใจ การสังเคราะห์ด้วยแสง การสังเคราะห์โปรตีนและการสลายกรดไขมัน	ใบเหลืองทั้งใบโดยเกิดที่ใบอ่อนก่อน หรือเกิดที่ใบเหลืองทั้งต้น	ยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงและทำให้โครงสร้างคลอโรฟิลล์สูญเสีย
เหล็ก	- เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการรับและส่งอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง - เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์	- ใบเหลืองระหว่างเส้นใบ แต่เส้นใบมีสีเขียว เกิดที่ใบอ่อนก่อน - ถ้าอาการรุนแรงใบอ่อนอาจมีสีขาวและแห้งตาย	เกิดเป็นจุดเซลล์แห้งตายบนใบ

จากตารางที่ 1.2 ธาตุอาหารแต่ละชนิดมีบทบาทและหน้าที่รวมถึงอาการและบริเวณที่พืชแสดงออกเมื่อขาดธาตุอาหารนั้นๆ แตกต่างกัน เช่น ถ้าพืชขาดธาตุเหล็กจะทำให้ใบเหลืองระหว่างเส้นใบโดยเส้นใบจะยังมีสีเขียวอยู่และพบในใบอ่อนก่อนจากนั้นจึงพบที่ใบแก่ เนื่องจากธาตุนี้นี้เคลื่อนย้ายได้ไม่ดี ใบอ่อนจะขาดธาตุเหล็กเร็วกว่าใบแก่ ซึ่งแตกต่างจากการขาดธาตุแมกนีเซียมจะเกิดขึ้นที่บริเวณใบแก่ที่อยู่ด้านล่างก่อนพบที่ใบอ่อน เพราะแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ดีจึงเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปสู่ใบอ่อน ดังนั้นใบแก่จึงแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียมเร็วกว่าใบอ่อน

พืชจะมีการบวนการลำเลียงธาตุอาหารต่าง ๆ เข้าสู่ราก 2 วิธี คือ

1. การลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน (passive transport) โดยธาตุอาหารจะแพร่จากภายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังภายในเซลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า

2. การลำเลียงแบบใช้พลังงาน (active transport) เป็นการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารแบบอาศัยพลังงาน ทำให้พืชสามารถลำเลียงธาตุอาหารจากภายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าเข้ามาภายในเซลล์ได้ จึงทำให้พืชสะสมธาตุอาหารบางชนิดไว้ได้

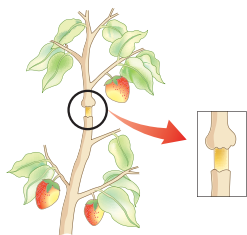
จากความรู้เรื่องสมบัติของธาตุอาหารต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงได้นำมาใช้ใน การปลูกพืชในสารละลาย (hydroponic culture) โดยผู้ปลูกต้องศึกษาว่าขณะที่พืชเจริญเติบโตพืชต้องการธาตุอาหารชนิด



- สารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชควรมีค่า pH 5.5-6.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช
- รักษา ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำได้โดยการเติมกรดเพื่อรักษาค่า pH ให้คงที่
- รักษา ระดับปริมาณออกซิเจนที่ให้กับรากพืช
- ระงับยาให้มีสาหร่ายมาเจริญในรางปลูก เพราะสาหร่ายจะแย่งธาตุอาหารของพืช
- รักษาอุณหภูมิและความเข้มของแสงให้เหมาะสมกับชนิดของพืชที่ปลูก

การเคลื่อนย้ายสารอาหารในพืช

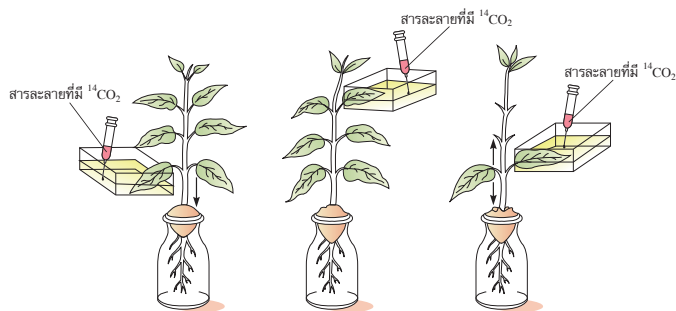
นักเรียนได้ทราบมาแล้วว่า การลำเลียงสารอาหารจะลำเลียงไปตามเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ศึกษา เพื่อให้ทราบถึงการลำเลียงสารอาหารในพืช พ.ศ. 2229 **มัลพิจิ (Malpighi)** ได้ค้นพบเลือกรอบลำต้น โดยให้รอยควั่นห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร เมื่อปล่อยให้พืชเจริญระยะหนึ่งพบว่าเปลือกของต้นไม้เหนือรอยควั่นจะพองออกดังรูปที่ 1.27



รูปที่ 1.27 การทดลองของมัลพิจิ

พ.ศ. 2471 **เมสัน (Mason) และ มัสเคล (Maskell)** ได้ศึกษาการทดลองของมัลพิจิ แล้วมีความเห็นว่าการควั่นเปลือกไม้ไม่มีผลต่อการคายน้ำของพืช เนื่องจากไซเลมยังสามารถลำเลียงน้ำได้ ส่วนเปลือกต้นไม้ที่อยู่เหนือรอยควั่นพองออก เนื่องจากการสะสมของน้ำตาลที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านมายังด้านล่างของลำต้นได้

สิ่งที่น่าสงสัย คือ การลำเลียงน้ำตาลของโฟลเอ็มมีทิศทางลำเลียงอย่างไร มีผู้ศึกษาการลำเลียงน้ำตาลในพืชโดยใช้ธาตุกัมมันตรังสี ได้แก่ ^{14}C ที่เป็นองค์ประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเตรียมคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของสารละลาย แล้วต่อมาคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะระเหยเป็นแก๊ส ซึ่งพืชจะดูดไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การทดลองเป็นดังรูปที่ 1.28



รูปที่ 1.28 การลำเลียงน้ำตาลของพืช

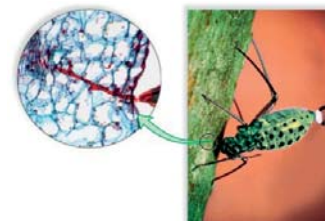
หลังจากการทดลองให้ได้รับแสงเป็นเวลา 35 นาที แล้วนำเนื้อเยื่อต่างๆ มาทำให้แห้งโดยการแช่แข็ง และตัดเป็นแผ่นบางๆ นำไปวางบนแผ่นฟิล์มถ่ายรูปในห้องมืด เพื่อตรวจสอบน้ำตาลที่มี ^{14}C ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

- การทดลองชุดที่ 1 พบน้ำตาลที่มี ^{14}C ที่ส่วนล่างของพืช
- การทดลองชุดที่ 2 พบน้ำตาลที่มี ^{14}C ที่ส่วนยอดของพืช
- การทดลองชุดที่ 3 พบน้ำตาลที่มี ^{14}C ที่ส่วนบนและส่วนล่างของพืช หรือทุกส่วนของพืชส่วนใหญ่จะพบ ^{14}C ในไซโทพลาซึม

จากการทดลองรูปที่ 1.28 พืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่รับเข้ามาทางปากใบเพื่อใช้ในการสร้างอาหาร อาหารที่พืชสร้างขึ้นจะมีการลำเลียงไปยังแหล่งที่สร้างได้น้อย เช่น ยอด หรือแหล่งที่สร้างไม่ได้ เช่น ราก โดยการลำเลียงจะลำเลียงผ่านทางโฟลเอ็มที่มีทิศทางทั้งขึ้นและลง ซึ่งแตกต่างจากการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารที่ลำเลียงทางไซเลมที่มีทิศทางลำเลียงจากรากไปสู่ยอดและใบ

พ.ศ. 2496 นักชีววิทยา **ซิมเมอร์แมน (M.H. Zimmerman)** แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ได้ค้นพบว่า เพื่อย่นสามารถใช้งานแท่งเข้าไปถึงโฟลเอ็มแล้วดูดของเหลวจากท่อโฟลเอ็มออกมาจนจนเหลือแล้วปล่อยให้ของเหลวไหลออกจากกันของเพื่อย่นอันดังรูปที่ 1.29

สารอาหารที่อยู่ในโฟลเอ็มมีการเคลื่อนย้ายอย่างไร



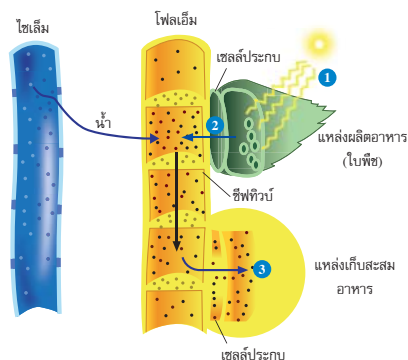
รูปที่ 1.29 เพื่อย่นที่ใช้วงดูดอาหารจากลำต้นพืช

ขณะที่เพื่อย่นกำลังดูดของเหลวอยู่นั้นก็วางยาสลบเพื่อย่นแล้วตัดให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นวงติดอยู่ที่ต้นไม้ ของเหลวก็ยังคงไหลออกมาทางง เมื่อนำของเหลวนี้ไปวิเคราะห์พบว่า ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส และสารอื่นๆ เช่น กรดอะมิโน ฮอริโมน และธาตุอาหาร

กระบวนการลำเลียงอาหาร

พ.ศ. 2473 **มันช์ (E. Munch)** นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้อธิบายการลำเลียงสารอาหารของพืชว่า น้ำตาลที่พืชสร้างขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงในคลอโรพลาสต์จะถูกลำเลียงออกมาในไซโทพลาซึมแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส จากนั้นซูโครสจะเคลื่อนย้ายออกจากเซลล์ที่เป็นแหล่งสร้างไปยังโฟลเอ็ม โดยเข้าสู่ซิฟฟ์ของโฟลเอ็ม ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในไซฟฟ์ที่ด้านบนสูงขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจะออสโมซิสเข้ามาและ

เพิ่มความดันในไซฟทิวบ์ให้สารละลายน้ำตาลซูโครสไล่เลียงไปตามท่อโพลีเอมจนถึงเนื้อเยื่อต่างๆ ที่ต้องการใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสจะออกจากไซฟทิวบ์ไปสู่เซลล์เนื้อเยื่อต่างๆ และไปเก็บหรือสะสมหรือใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เซลล์ การที่สารละลายน้ำตาลซูโครสในไซฟทิวบ์ปลายทางแพร่เข้าสู่เซลล์ข้างเคียงเป็นผลให้ไซฟทิวบ์ปลายทางมีแรงดันน้อยกว่าต้นทาง การไล่เลียงอาหารจึงเกิดขึ้นตลอดเวลาที่ใบพืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยมีแรงผลักดันจากความแตกต่างของแรงดันในเซลล์โพลีเอมต้นทางและปลายทาง



รูปที่ 1.30 กระบวนการลำเลียงอาหารจากสมมติฐานของมินซ์

สรุปแบบจำลองการลำเลียงสารอาหารของมินซ์

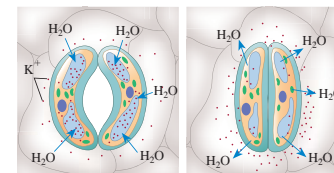
1. ใบพืชเป็นแหล่งสร้างน้ำตาลซูโครสจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง น้ำตาลซูโครสถูกไล่เลียงออกมาในไซโทพลาซึมแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครสก่อนเข้าสู่โพลีเอม
2. น้ำตาลซูโครสเคลื่อนย้ายไปในไซฟทิวบ์ของโพลีเอมโดยวิธีการลำเลียงแบบใช้พลังงาน ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในไซฟทิวบ์ต้นทางสูงขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงออสโมซิสเข้ามาทำให้ไซฟทิวบ์มีแรงดันเพิ่มขึ้น ซึ่งจะดันให้สารละลายน้ำตาลซูโครสไล่เลียงไปตามท่อโพลีเอมจนถึงไซฟทิวบ์ปลายทาง
3. น้ำตาลซูโครสจะถูกไล่เลียงออกจากไซฟทิวบ์ปลายทางไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ที่ต้องการใช้หรือแหล่งรับ ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลซูโครสในไซฟทิวบ์ปลายทางลดลง น้ำจากไซฟทิวบ์ปลายทางแพร่เข้าสู่เซลล์ข้างเคียง ไซฟทิวบ์ปลายทางมีแรงดันน้อยกว่าไซฟทิวบ์ต้นทาง จึงทำให้การลำเลียงอาหารของพืชจะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่ใบพืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสง



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.3

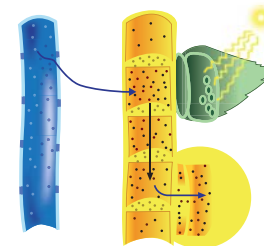
จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. โครงสร้างใดของพืชที่มีความเกี่ยวข้องกับการคายน้ำของพืช
2. จากรูป



กลไกการเปิด-ปิดของปากใบของพืชเกิดขึ้นได้อย่างไร

3. ปัจจัยต่อไปนี้ส่งผลต่อการคายน้ำของพืชอย่างไร
 - 3.1 อุณหภูมิสูง
 - 3.2 ความชื้นในอากาศมาก
 - 3.3 ลมสงบนิ่ง
 - 3.4 แสงแดดจ้าไร
4. พืชมีกลไกการลำเลียงน้ำในดินเข้าสู่รากพืชและลำเลียงน้ำขึ้นไปยังปลายยอดอย่างไร
5. เหตุใดธาตุอาหารที่อยู่ภายในดินจึงถูกไล่เลียงไปพร้อมกับน้ำผ่านทางไซเลม
6. อาการที่แสดงออกของพืชต่อไปนี้ เกิดจากการที่พืชขาดธาตุอาหารชนิดใด
 - 6.1 ขอบใบและปลายใบไหม้ เนื้อเยื่อตายเป็นจุดๆ โดยจะเริ่มเกิดขึ้นที่ใบแก่ของพืชก่อน
 - 6.2 ใบอ่อนหงิกงอ บริเวณปลายใบขอบใบเหี่ยว
 - 6.3 ใบเหลืองทั้งใบ ลำต้นพุ่มสูงหักง่าย
 - 6.4 ใบเหลืองบริเวณเส้นใบ เกิดจุดสีแดงบนใบ ปลายใบและขอบใบม้วนงอเป็นรูปถ้วย
7. จากรูป



ตามสมมติฐานของมินซ์พืชมีกลไกการลำเลียงอาหารอย่างไร



กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ “ดอกไม้สร้าง”

จุดประสงค์

ออกแบบ ทดสอบ และอธิบายวิธีการสร้างดอกไม้หลากสี

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนจัดกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน และตั้งชื่อกลุ่ม
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
3. การทำกิจกรรมต้องระดมสมองในการสืบค้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆ โดยนำมาบูรณาการสร้างผลงาน อภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผลในการโต้แย้งจากประจักษ์พยานที่พบตลอดการทำกิจกรรมเพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับการทำกิจกรรม
4. เตรียมความพร้อมที่จะนำเสนอผลงานเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

สถานการณ์ที่กำหนด

แม้ว่าในปัจจุบันนักวิชาการเกษตรหรือเกษตรกรจะสามารถปรับปรุงพันธุ์ไม้ โดยสร้างไม้ดอกที่มีสีสีนสวยงามในแต่ละสายพันธุ์ แต่กระบวนการนั้นอาจใช้เวลาในการปรับปรุงนานเป็นปี ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนสีดอกไม้สีขาวตามธรรมชาติไปจัดตกแต่งสถานที่ โดยที่ต้องการให้ดอกไม้สีขาวกลายเป็นดอกไม้ที่มีสีสีนภายในเวลาอันรวดเร็ว นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร ให้นักเรียนระดมความคิด และออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหา

Knowledge

สรุปเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

เนื้อเยื่อพืช

เนื้อเยื่อพืช คือ กลุ่มเซลล์ของพืชที่อยู่รวมกันเพื่อทำหน้าที่ร่วมกัน จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เนื้อเยื่อเจริญ คือ เนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่ยังมีชีวิตและมีการแบ่งเซลล์อยู่ตลอดเวลา ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของพืช ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง
2. เนื้อเยื่อถาวร คือ เนื้อเยื่อที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เปลี่ยนแปลงสภาพมาจากเนื้อเยื่อเจริญเพื่อทำหน้าที่เฉพาะ มีรูปร่างคงที่ และไม่มีกระบวนการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นอีก เนื้อเยื่อถาวรสามารถจำแนกเป็น 3 ระบบ คือ
 - ระบบเนื้อเยื่อผิว เช่น เซลล์คุม เซลล์ขนราก
 - ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง เช่น ไซเล็ม โพลีเอม
 - ระบบเนื้อเยื่อพื้น เช่น พาราคีมา คอลเลงคิมา และสเกลอเรนคิมา

โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

- รากทำหน้าที่ในการยึดลำต้นและดูดซึมน้ำและธาตุอาหารในดิน นอกจากนี้รากของพืชยังสามารถเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ เช่น สะสมอาหาร หายใจ คำจุน สังเคราะห์ด้วยแสง ยึดเกาะ และป้องกันอันตรายให้กับโคนต้น
- ลำต้นเป็นที่เกิดของกิ่ง ใบ และดอก ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ ธาตุอาหารในดิน และอาหารที่สร้างขึ้นที่ใบพืชไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช นอกจากนี้ลำต้นของพืชยังสามารถเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ เช่น สะสมอาหาร ยึดเกาะ และสังเคราะห์ด้วยแสง
- ใบทำหน้าที่สร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงให้แก่พืช ควบคุมการคายน้ำและการแลกเปลี่ยนแก๊สของพืช นอกจากนี้ใบของพืชยังสามารถเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่พิเศษ เช่น สะสมอาหาร ยึดเกาะ ดักจับแมลง และสืบพันธุ์

การลำเลียงของพืช

- การลำเลียงน้ำของพืชเริ่มจากน้ำในดินออสโมซิสเข้าสู่รากพืช จากนั้นเมื่อน้ำเข้ามาในรากมากขึ้นจะดันให้น้ำที่เข้ามาเคลื่อนไปยังส่วนลำต้น และลำเลียงไปสู่ใบผ่านทางเส้นกลางใบและเส้นใบเพื่อแพร่เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ และน้ำจะถูกคายออกจากพืชทางปากใบ
- การลำเลียงธาตุอาหารของพืชเกิดขึ้นพร้อมกับการลำเลียงน้ำ เนื่องจากน้ำที่พืชลำเลียงมาจากดินจะมีธาตุอาหารละลายอยู่ด้วย แต่การนำธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์จะแบ่งเป็น 2 วิธี คือ การลำเลียงธาตุอาหารแบบไม่ใช้พลังงานและการลำเลียงธาตุอาหารแบบใช้พลังงาน
- การลำเลียงอาหารของพืชเริ่มจากการลำเลียงน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส ก่อนนำเข้าสู่โฟลเอ็มซึ่งน้ำตาลซูโครสจะถูกลำเลียงไปในไซฟิทวีบโดยวิธีการลำเลียงแบบใช้พลังงาน น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจึงออสโมซิสเข้าในไซฟิทวีบทำให้แรงดันในไซฟิทวีบเพิ่มขึ้นซึ่งจะช่วยดันสารละลายซูโครสให้เคลื่อนที่ไปยังแหล่งรับ สารอาหารจึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมหรือเก็บสะสมไว้ในเซลล์ที่เป็นแหล่งรับ

Process

1. อธิบายชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อโดยเขียนสรุปเป็นแผนผัง
2. อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากภาพตัดตามขวาง
3. อธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช
4. อธิบายกลไกการลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร และอาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
5. อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารและยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช

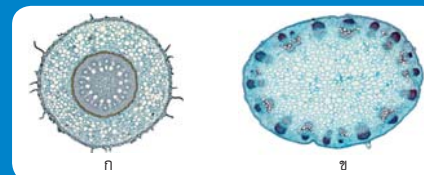
Attribute

1. ลีวนัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน

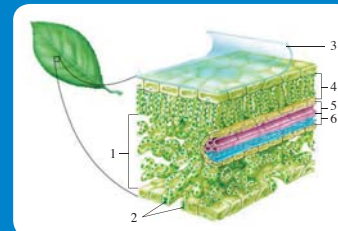


คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้

1. ถ้าต้องการศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของพืชควรเลือกเนื้อเยื่อชนิดใด บริเวณใด เพราะเหตุใด
2. จากลักษณะต่อไปนี้ เป็นของเนื้อเยื่อหรือเซลล์ใด
 - 2.1 อยู่ด้านนอกสุดของพืช ทำหน้าที่ปกป้องส่วนต่าง ๆ ของพืช
 - 2.2 พัฒนามาจากเนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิส ทำหน้าที่ควบคุมการคายน้ำและการเข้า-ออกของแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
 - 2.4 ประกอบด้วยเซลล์ทิวไรคมชนิดที่มีคลอโรพลาสต์และสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
 - 2.5 ประกอบด้วยเซลล์ที่ไม่มีชีวิต 2 กลุ่ม คือ เซลล์เส้นใยและสเกลอริด ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่พืช
3. พิจารณาภาพตัดขวางชิ้นส่วนของพืชต่อไปนี้



- 3.1 รูป ก คือส่วนใดของพืชและเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่ เพราะเหตุใด
- 3.2 รูป ข คือส่วนใดของพืชและเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่ เพราะเหตุใด
4. พิจารณาโครงสร้างเนื้อเยื่อต่อไปนี้



- 4.1 หมายเลข 1 คืออะไร
- 4.2 หมายเลข 2 คืออะไร
- 4.3 หมายเลข 3 คืออะไร
- 4.4 หมายเลข 4 คืออะไร
- 4.5 หมายเลข 5 คืออะไร
- 4.6 หมายเลข 6 คืออะไร

5. การเกิดชั้นของพืชจะเกิดขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมแบบใด และเกิดขึ้นที่ส่วนใดของพืช
6. การลำเลียงน้ำแบบอโพลาสต์และซิมพลาสต์แตกต่างกันอย่างไร
7. พืชที่มีลำต้นสูงไม่เกิน 2 เมตร และพืชที่มีลำต้นสูงเกิน 10 เมตร มีกลไกการลำเลียงน้ำเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
8. จากสมมติฐานของมินซ์ลิ่งได้สำคัญที่สุดที่ทำให้อาหารเคลื่อนที่ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช