



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.ศรัณยา	พีระเกียรติขจร	ปร.ด.(เทคโนโลยีชีวภาพ), วท.ม.(เทคโนโลยีชีวภาพ), วท.บ.(ชีววิทยา)
น.สพ.ศิวะ	พีระเกียรติขจร	สพ.บ.(สัตวแพทยศาสตร์)

ผู้ตรวจ

ดร.นวิยา	อู๋เป่า	ปร.ด.(สรีรวิทยา), วท.ม.(สรีรวิทยา), วท.บ.(ชีววิทยา)
ดร.พรสวรรค์	สุทธินนท์	ปร.ด.(ชีววิทยา), วท.ม.(พฤกษศาสตร์), วท.บ.(ชีววิทยา)
ดร.ชิตติพงษ์	ทิพบรรจง	ปร.ด.(กายวิภาคศาสตร์และชีววิทยาโครงสร้าง), วท.บ.(ชีววิทยา)

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.พิศเรศ	คู่ยต์วน	ปร.ด.(สรีรวิทยา), วท.บ.(ชีววิทยา)
---------------	----------	-----------------------------------

ปีที่พิมพ์ ๒๕๖๓ พิมพ์ครั้งที่ ๑ จำนวน ๕,๐๐๐ เล่ม ISBN : 978-616-07-2045-3

จัดพิมพ์โดย บริษัท สำนักพิมพ์เอ็มพันธ์ จำกัด

ฝ่ายการตลาด, ฝ่ายผลิตและจัดส่ง, ฝ่ายการเงินและบัญชี :

๖๗/๑๐๙ หมู่ ๑ ซ.พระแม่การุณย์ ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ๑๑๑๒๐
โทร. ๐ ๒๕๘๔ ๔๘๘๙, ๐ ๒๕๘๔ ๔๙๙๓, ๐ ๒๕๑๖ ๔๕๘๐-๒ โทรสาร ๐ ๒๕๖๑ ๕๕๙๓

ฝ่ายวิชาการ :

๘๗/๑๒๒ ถ.เทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐
โทร. ๐ ๒๕๕๔ ๔๘๑๘-๒๐, ๐ ๒๕๕๓ ๘๑๖๘-๙ โทรสาร ๐ ๒๕๘๐ ๒๙๒๓

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ ลิขสิทธิ์เป็นของบริษัท สำนักพิมพ์เอ็มพันธ์ จำกัด



คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชีววิทยา** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๑ ได้เรียบเรียงขึ้นตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น ๔ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย **โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการวัดการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช** นอกจากนี้ในหนังสือยังมี QR Code (Quick Response Code)  ที่เข้าผ่านระบบ **LINE** หรือแอปพลิเคชันสำหรับอ่าน QR Code เพื่อให้นักเรียนได้เข้าถึงข้อมูลและสื่อการเรียนรู้อื่นๆ อีกด้วย

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ชีววิทยา** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๑ เล่มนี้ จะอำนวยความสะดวกต่อผู้สอนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพและบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรต่อไป



ฝ่ายวิชาการ บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด



คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ชีววิทยา
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

การศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช การเติบโต ทุติยภูมิของรากพืชใบเลี้ยงคู่ หน้าที่ของใบพืช การลำเลียงน้ำของพืช การลำเลียงอาหารของพืช การศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โครงสร้างคลอโรพลาสต์ ปฏิกริยาในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง โครงสร้างดอก การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก การเกิด เมล็ด การเจริญเติบโตของพืช ผลของฮอร์โมนออกซินที่มีต่อพืช การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม

เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พร้อมทั้งคุณธรรมและจริยธรรม การแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ และตระหนักถึงวิทยาศาสตร์ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม



ผลการเรียนรู้

- 1 อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืชและเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช
- 2 สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
- 3 สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
- 4 สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง
- 5 สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช
- 6 สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช
- 7 สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
- 8 อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช
- 9 สืบค้นข้อมูล และสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ ด้วยแสง
- 10 อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3
- 11 เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และ พืช CAM
- 12 สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

- 13 อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก
- 14 อธิบาย และเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอกและอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก
- 15 อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอกโครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ดและผล
- 16 ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ดและบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด
- 17 สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีนและกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร
- 18 สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

สารบัญ



หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก



1

โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	2
อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช	16
การเติบโตทุติยภูมิของรากพืชใบเลี้ยงคู่	19
หน้าที่ของใบพืช	41
การลำเลียงน้ำของพืช	44
การลำเลียงสารอาหารของพืช	48
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	57



หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

การสังเคราะห์ด้วยแสง



58

การศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	60
โครงสร้างคลอโรพลาสต์	64
ปฏิกิริยาในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	68
การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C ₃ พืช C ₄ และ พืช CAM	73
ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	78
กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้	86



การสืบพันธุ์ของพืชดอก



87

- โครงสร้างของดอก 88
- การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก 91
- การเกิดเมล็ด 96
- กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ 104



การวัดการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช



105

- การเจริญเติบโตของพืช 107
- ผลของฮอร์โมนออกซินที่มีต่อพืช 117
- การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม 127
- กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ 137
- บรรณานุกรม 138

หน่วยการเรียนรู้ที่

1



โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก



แนวคิด

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในจุดเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ เนื่องจากพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถรับพลังงานได้จากดวงอาทิตย์โดยตรง โดยพืชจะอาศัยแร่ธาตุและน้ำรวมถึงสารอินทรีย์ต่างๆ ที่พืชได้รับในการสร้างเป็นโครงสร้างของลำต้นพืช เพื่อสะสมพลังงานไว้ในรูปแบบของสารประกอบที่มีพลังงานแฝงอยู่ในพันธะต่างๆ เพื่อถ่ายทอดพลังงานให้ผู้บริโภคในขั้นสูงขึ้นไปในห่วงโซ่อาหารที่มารับพลังงานต่อไปด้วยการกินเพื่อดำรงชีวิตต่อไป โดยในหน่วยการเรียนรู้นี้เราจะศึกษาถึงโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของพืช รวมทั้งพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช

สาระการเรียนรู้

- 1 โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
- 2 อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช
- 3 การเติบโตทุติยภูมิของรากพืชใบเลี้ยงคู่
- 4 หน้าที่ของใบพืช
- 5 การลำเลียงน้ำของพืช
- 6 การลำเลียงอาหารของพืช

ผลการเรียนรู้

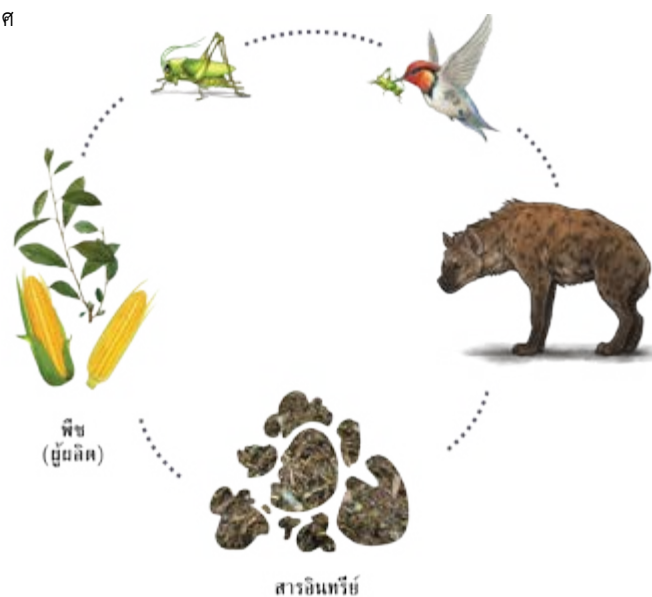
- 1 อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืชและเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช
- 2 สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
- 3 สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง
- 4 สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง
- 5 สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช
- 6 สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช
- 7 สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารและยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
- 8 อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช



โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก



พืช เป็นสิ่งมีชีวิตที่สำคัญในห่วงโซ่ระบบนิเวศ เพราะเป็นผู้ผลิต กล่าวคือพืชสามารถได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้โดยตรง และสามารถแปรพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นพลังงานสะสม โดยอาศัยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในการเก็บสะสมพลังงาน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ



▶ แสดงความสำคัญของพืชในห่วงโซ่อาหารในฐานะผู้ผลิต

โครงสร้างและรูปแบบการเจริญเติบโตของพืช ค่อนข้างมีความแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตประเภทอื่น เนื่องจากมีทั้งส่วนที่สามารถพัฒนาโครงสร้างบนผิวดินขึ้นไปสู่อากาศ และส่วนที่พัฒนาโครงสร้างตัวเองลงใต้ดินโดยแต่ละโครงสร้างก็มีการทำหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งการเจริญเติบโตในแต่ละส่วนของสิ่งแวดลอมล้วนมีความหมาย โดยเราจะศึกษาเรื่องโครงสร้างและการทำหน้าที่รวมถึงการปรับตัวของพืชของส่วนต่าง ๆ ในหน่วยการเรียนรู้นี้



▶ แสดงโครงสร้างของต้นพืช

Stem = ลำต้น , bud = ตา , leaf = ใบ , primary root = รากแก้ว , lateral root = รากแขนง

ส่วนประกอบที่สำคัญของพืชดอก จะมีอวัยวะของพืชที่สำคัญได้แก่ ส่วนของราก ส่วนของลำต้น ส่วนของใบ ส่วนของดอกและผล ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ซึ่งความแตกต่างของเนื้อเยื่อนี้จะทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของพืชมีลักษณะ การเจริญเติบโตและหน้าที่ที่แตกต่างกัน

เนื้อเยื่อพืช (plant tissue)

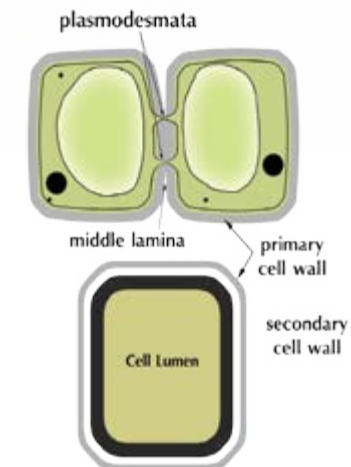
เนื้อเยื่อคือส่วนที่ประกอบด้วยเซลล์ต่างๆ ซึ่งเนื้อเยื่อแต่ละชนิดล้วนมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของเซลล์ที่เป็นส่วนประกอบซึ่งอาจประกอบขึ้นจากเซลล์ชนิดเดียวหรือเซลล์หลายชนิด เนื้อเยื่อพืชมีหลากหลายชนิด โดยประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของพืช คือ ผนังเซลล์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญเป็นเซลลูโลส (cellulose) สร้างขึ้นเป็นส่วนผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary cell wall , primary wall) ซึ่งผนังเซลล์ปฐมภูมิของแต่ละเซลล์จะถูกยึดกันด้วยมิดเดิลลามেলা (middle lamella) โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือเพคติน (pectin) เป็นองค์ประกอบสำคัญ



▶ แสดงโครงสร้างของเซลล์ของพืช

cytoplasm = ไซโทพลาซึม , chloroplast = คลอโรพลาสต์ , nucleus = นิวเคลียส , nucleolus = นิวคลีโอลัส
 endoplasmic reticulum = เอนโดพลาสมิก เรติคูลัม , mitochondria = ไมโทคอนเดรีย , peroxisome = เพรอกซิโซม
 golgi apparatus = กอลจิ แอพพาราตัส , cell wall = ผนังเซลล์ , amyloplast = อะไมโลพลาสต์
 cell membrane = เยื่อหุ้มเซลล์ , ribosome = ไรโบโซม , vacuole = แวคิวโอล

ส่วนประกอบที่สำคัญของพืชดอก จะมีอวัยวะของพืชที่สำคัญได้แก่ ส่วนของราก ส่วนของลำต้น ส่วนของใบ ส่วนของดอกและผล ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ซึ่งความแตกต่างของเนื้อเยื่อนี้จะทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของพืชมีลักษณะ การเจริญเติบโตและหน้าที่ที่แตกต่างกัน



▶ รูป 11-4 แสดงการสร้างผนังเซลล์ทุติยภูมิ (secondary cell wall)

เนื้อเยื่อพืชสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเจริญของเนื้อเยื่อ ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) และเนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue) ซึ่งเนื้อเยื่อทั้งสองนี้มีความแตกต่างกัน ถึงด้านโครงสร้างและหน้าที่ซึ่งอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช



อะไรคือความแตกต่างของเนื้อเยื่อของพืชทั้ง 2 ประเภท?

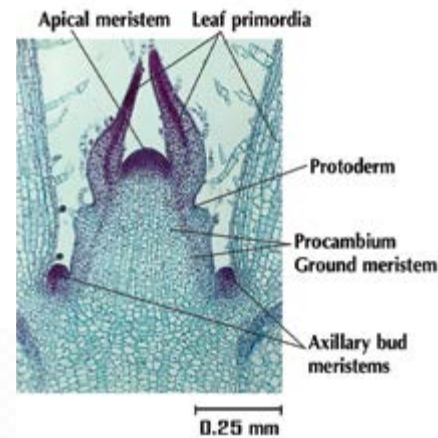
เนื้อเยื่อเจริญ (meristem)

เนื้อเยื่อเจริญจะประกอบไปด้วยเซลล์ที่ยังสามารถมีการเจริญเติบโต และมีความสามารถในการแบ่งตัวได้ และยังสามารถในการเปลี่ยนการทำหน้าที่ได้ (pluripotency) คล้ายสเต็มเซลล์ (stem cell) ในสัตว์ เนื่องจากเนื้อเยื่อส่วนมากยังไม่มีการเปลี่ยนรูปไปสู่เซลล์ที่อยู่ในเนื้อเยื่อถาวร โดยมีหน้าที่สำคัญในการขยายโครงสร้างของพืช ซึ่งมีความสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นพืช เซลล์เหล่านี้เป็นเซลล์ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนเป็นเซลล์ชนิดอื่นได้ เซลล์ในเนื้อเยื่อเจริญมักเป็นเซลล์ ที่มีผนังเซลล์แบบปฐมภูมิที่ยังมีความบาง และมีนิวเคลียสที่มีขนาดใหญ่ยังมีการแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้

ซึ่งเราสามารถจำแนกประเภทของเนื้อเยื่อเจริญนี้ ออกเป็นประเภทของเนื้อเยื่อได้ ตามตำแหน่งของการเจริญเติบโตดังต่อไปนี้

เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (apical meristem)

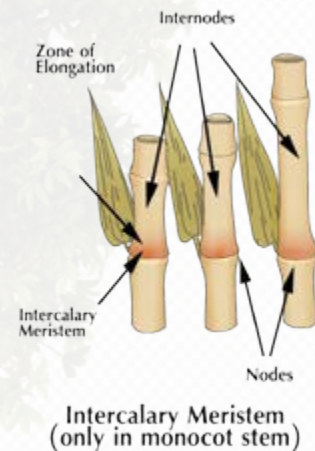
คือ ส่วนของเนื้อเยื่อที่อยู่ปลายทั้งสองข้างของพืชทั้งในดินและในอากาศ สามารถเจริญออกเป็นส่วนใหม่ ๆ หากเนื้อเยื่อนี้อยู่บริเวณปลายราก เราจะเรียกเนื้อเยื่อส่วนนี้ว่าเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายราก (apical root meristem) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่สามารถเปลี่ยนเป็นโครงสร้างรากต่าง ๆ ได้เมื่อมีการแบ่งตัว โดยการแบ่งตัวจะมีผลให้รากยาวขึ้น และส่วนที่แทงขึ้นบริเวณยอดของพืชเราเรียกว่า เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด (apical shoot meristem) ซึ่งสามารถเจริญต่อไปเป็นส่วนลำต้น สร้างใบและกิ่ง โดยการเจริญเติบโตในแนวที่ทำให้ยืดยาวออกไปในอากาศ



▶ แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายที่พบในยอดต้นกุหลาบ (Solenostemon scutellarioides)

เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ (intercalary meristem)

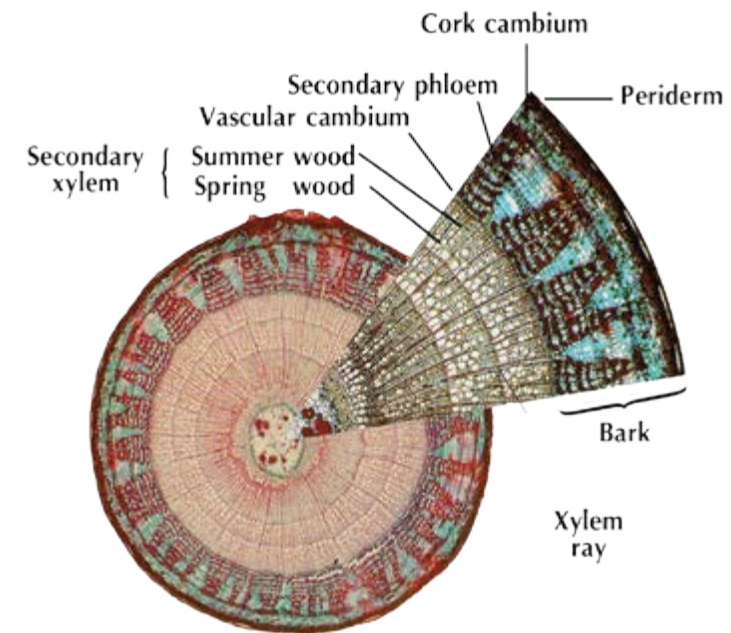
เป็นเนื้อเยื่อที่มักพบได้ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไป โดยมีตำแหน่งอยู่ที่เหนือข้อ (node) ด้านล่างหรือบริเวณโคนของปล้อง (internode) ที่อยู่ด้านบน ซึ่งมีหน้าที่ทำให้เนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่างปล้องของพืชนั้นเพิ่มจำนวนขึ้น ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตภายในปล้องได้ ตัวอย่างของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocot) เช่น ไม้ หญ้า ข้าวโพด ข้าวและอ้อย



▶ แสดงตำแหน่งเนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อที่พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่น ไม้ต่าง ๆ

เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristem) หรือแคมเบียม (cambium)

เป็นเนื้อเยื่อที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตในแนวขวางของต้นพืช ทำให้รากและลำต้นสามารถขยายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้ใหญ่ขึ้น เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างสามารถพบได้ในพืชใบเลี้ยงคู่ทั่ว ๆ ไป และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น พืชจำพวกหมากผู้หมากเมีย ต้นจันทน์ ด้วยเนื้อเยื่อเจริญด้านข้างสามารถเจริญเป็นเนื้อเยื่อที่เป็นอวัยวะอื่น ๆ ได้ โดยแบ่งประเภทได้ตามตำแหน่งการเจริญเติบโตที่บริเวณอวัยวะต่าง ๆ ของพืช หากพบอยู่ในช่วงระหว่างเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อท่อลำเลียงอาหารจะเรียกเนื้อเยื่อนี้ว่า วาสคิวลาร์แคมเบียม (vascular cambium) ซึ่งสามารถแบ่งเซลล์ทำให้เกิดการเจริญของเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue) ได้ หากเราพบเนื้อเยื่อในบริเวณเนื้อเยื่อชั้นผิว หรือเอพิเดอร์มิส (epidermis) หรือชั้นที่ถัดเข้าไปจากเอพิเดอร์มิส ซึ่งแบ่งเซลล์แล้วทำให้เกิดเนื้อเยื่อคอร์ก (cork) หรือเนื้อเยื่ออื่น ๆ เราจะเรียกเนื้อเยื่อเจริญส่วนนี้ว่าคอร์กแคมเบียม (cork cambium)



▶ แสดงโครงสร้างของภาคตัดขวางและบริเวณเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง หรือแคมเบียม ทั้งคอร์กแคมเบียมและ วาสคิวลาร์ แคมเบียม

เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue)



เนื้อเยื่อถาวร คือ เนื้อเยื่อที่เป็นโครงสร้าง ซึ่งถูกกำหนดหน้าที่จากการเจริญของเนื้อเยื่อเจริญเรียบร้อยแล้ว ลักษณะสำคัญของเนื้อเยื่อถาวร คือ เนื้อเยื่อนั้นจะไม่มีการเจริญแบ่งเซลล์ต่อไป โดยจัดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เจริญเต็มที่แล้ว มีการเปลี่ยนแปลงและกำหนดหน้าที่มาจากเนื้อเยื่อเจริญ เนื้อเยื่อถาวรประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีโครงสร้างและหน้าที่ต่างกัน โดยประกอบขึ้นจากกลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกัน หรือแตกต่างกันก็ได้ โดยมีกลุ่มสำคัญเป็น 3 กลุ่ม คือ



- เนื้อเยื่อผิว (surface tissue , protective tissue) ได้แก่ เนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิส เนื้อเยื่อเพอริเดอร์ม
- เนื้อเยื่อพื้นฐาน (fundamental tissue) หรือเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue) ได้แก่ เนื้อเยื่อพาเรงคิมา เนื้อเยื่อคอลเลงคิมา เนื้อเยื่อสเกลอเรนคิมา
- เนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue) ได้แก่เนื้อเยื่อไซเล็ม และโฟลเอ็ม

Plant Tissue

Group of specialized cell form tissues except when dormant

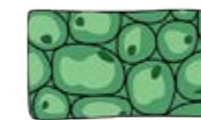


▶ แสดงโครงสร้างของภาคตัดขวางของพืช เป็นเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ

ประเภทของเนื้อเยื่อถาวรที่สำคัญในพืช แบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่ เนื้อเยื่อถาวรอย่างง่าย และเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน

เนื้อเยื่อถาวรอย่างง่าย (simple permanent tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ชนิดเดียว ไม่มีความซับซ้อนของโครงสร้าง ได้แก่ เนื้อเยื่อพาเรงคิมา เนื้อเยื่อคอลเลงคิมา เนื้อเยื่อสเกลอเรนคิมา นอกจากนี้ เนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิส เอนโดเดอร์มิส และคอร์ก ก็จัดเป็นเนื้อเยื่อในกลุ่มนี้ด้วย

parenchyma tissue collenchyma tissue sclerenchyma tissue



cross section



longitudinal



cross section



longitudinal



cross section

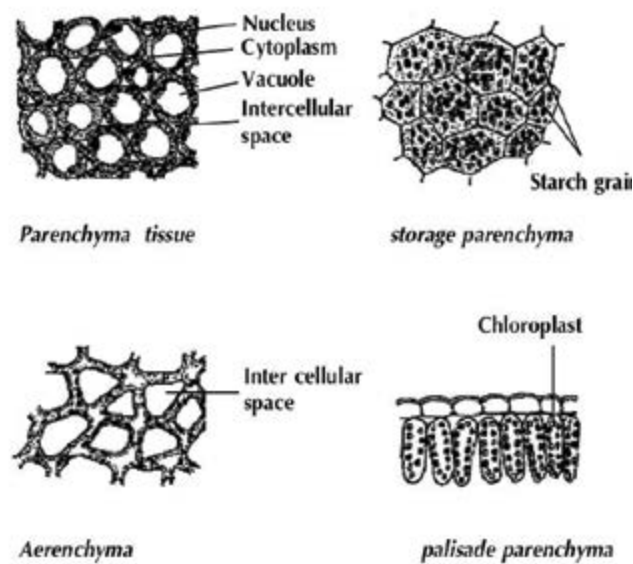


longitudinal



▶ แสดงแผนภาพโครงสร้างเนื้อเยื่อถาวรอย่างง่ายชนิดต่าง ๆ

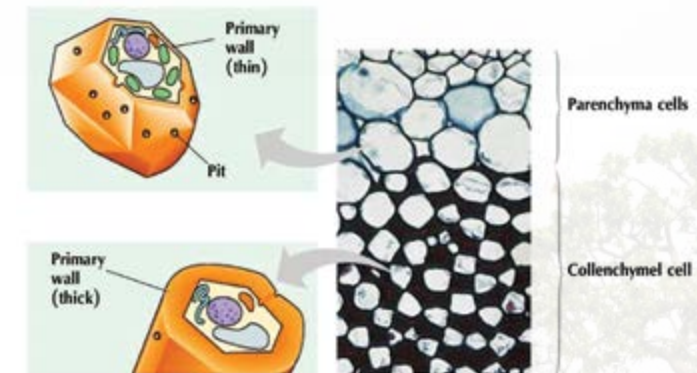
เนื้อเยื่อพาราเควคิม่า (parenchyma) คือเนื้อเยื่อที่พบทั่วไปในส่วนต่างๆ โดยส่วนประกอบหลัก คือ เซลล์พาราเควคิม่า ซึ่งเป็นเซลล์ ที่มีชีวิตพบเฉพาะผนังเซลล์ปฐมภูมิซึ่งมีความหนาของผนังเซลล์เสมอกันรูปร่างค่อนข้างกลมหรือรีหรือมีทรงกระบอกการเรียงตัวกัน จะมีช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) ซึ่งเซลล์พาราเควคิม่าที่พบต่างอวัยวะกันอาจมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันเพื่อทำหน้าที่ตามอวัยวะที่เซลล์พาราเควคิม่าประกอบอยู่



▶ แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อพาราเควคิม่าชนิดต่างๆ

เนื้อเยื่อคอลเลงคิม่า (collenchyma)

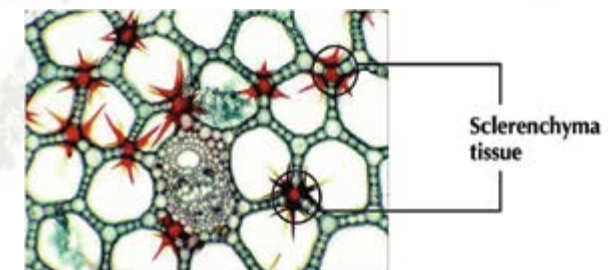
เป็นเนื้อเยื่อที่มีลักษณะที่ค่อนข้างหนาพบบริเวณใต้เอพิเดอร์มิสของก้านใบ เส้นกลางใบ ลำต้นส่วนที่ยังอ่อน และขอบนอกของลำต้นพวกไม้เนื้ออ่อน ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือเป็นสันโค้งไปมา เช่น ลำต้นโหระพา กระเพรา หรืออาจกระจายไปสม่ำเสมอตามขอบในของลำต้นที่กลมเกลี้ยงของลำต้น เช่น ในผักขม หรือไม้เลื้อยบางชนิดที่ช่วยในด้านความแข็งแรงของโครงสร้าง ซึ่งเนื้อเยื่อคอลเลงคิม่านี้ มักไม่ค่อยพบในรากมากนัก ประกอบด้วยเซลล์คอลเลงคิม่า (collenchymel cell) ซึ่งมีลักษณะเซลล์คล้ายเซลล์พาราเควคิม่า ผนังเซลล์ปฐมภูมิก่อนข้างหนาและความหนาบางไม่เสมอกันในแต่ละด้าน โดยมุมของเซลล์มักมีความหนา ช่วยทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืช มีความเหนียวและแข็งแรง และยังช่วยป้องกันแรงเสียดทานที่กระทำต่อลำต้นได้



▶ แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อคอลเลงคิม่า และความต่างจากเนื้อเยื่อพาราเควคิม่า

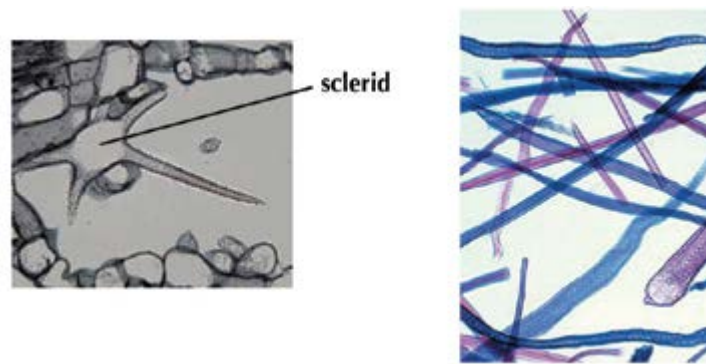
เนื้อเยื่อสเกลอเรนคิม่า (sclerenchyma)

เป็นเนื้อเยื่อโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยเซลล์ที่ไม่มีชีวิต ที่มีหน้าที่หลักๆ ในการสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง โดยมีผนังเซลล์ปฐมภูมิและผนังเซลล์ทุติยภูมิที่แข็งแรงค่อนข้างหนาถึงหนามาก เป็นมีบทบาทสำคัญในส่วนที่ช่วยค้ำจุนและช่วยพยุงให้ความแข็งแรงกับโครงสร้างของต้นพืช



▶ แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อสเกลอเรนคิม่า

สเกลอเรนจิมามีส่วนประกอบสำคัญเรียกว่าเซลล์สเกลอเรนจิม่า (sclerenchymal cell) ซึ่งเราสามารถแบ่งออกตามลักษณะได้ 2 ชนิด คือ สเกลอริต (sclerid) หรือ สโตนเซลล์ (stone cell) ซึ่งเป็นส่วนที่มีลักษณะเป็นส่วนประกอบสำคัญมีความแข็งแรงมาพอกที่ผนังเซลล์ มีรูปร่างไม่แน่นอนและเป็นเซลล์ที่ไม่ยาวมากนัก มักอยู่ในเซลล์ที่มีความแข็งแรงเช่นส่วนของเปลือกไม้อย่างพารา เพือกของเมล็ด เช่น เมล็ดถั่ว หรือเนื้อผลไม้ที่มีความสากอย่างฝรั่งหรือสาละ และเซลล์เส้นใยหรือไฟเบอร์ (fiber) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างยาวหัวและท้ายเรียวแหลม ซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่า

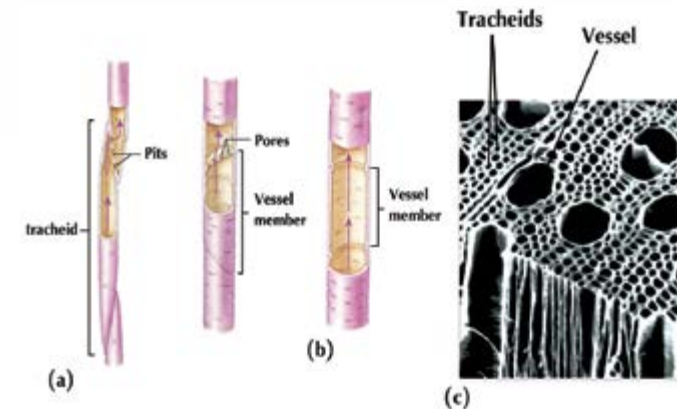


▶ แสดงโครงสร้างเซลล์สเกลอเรนจิม่าต่าง ๆ ทั้งสเกลอริต (ซ้าย) และไฟเบอร์ (ขวา)

เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน (complex permanent tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ซึ่งทำงานสอดประสานกันเพื่อทำให้สามารถทำหน้าที่เฉพาะอย่างได้ ได้แก่ ไซเล็ม และโฟลเอ็ม

• **ไซเล็ม (xylem)** เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่หลักๆ ในการลำเลียงน้ำและสารอาหารที่ละลายน้ำไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช โดยโครงสร้างเนื้อเยื่อไซเล็มนี้จะประกอบขึ้นจากเซลล์ที่ไม่มีชีวิต มีผนังเซลล์ปฐภูมิและผนังเซลล์ทุติยภูมิ ซึ่งผนังเซลล์ทุติยภูมิของเซลล์ลำเลียงน้ำไม่ได้พบบนผนังเซลล์ปฐภูมิอย่างสม่ำเสมอ นั่นหมายความว่าในบางบริเวณของผนังเซลล์ปฐภูมิจะไม่มีผนังเซลล์ทุติยภูมิ จึงเกิดเป็นรูพรุนแบบต่างๆ

เซลล์ลำเลียงน้ำแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เทรคีด (tracheid) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างเปลี่ยนไปค่อนข้างแหลมมีความยาว และเซลล์ท่อลำเลียงน้ำ หรือเวสเซลเมมเบอร์ (vessel member) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างค่อนข้างยาว แต่สั้นกว่าเตรคีดและมีขนาดที่ใหญ่กว่า ที่หัวและท้ายเซลล์มีช่องว่างทะลุถึงกัน ดังนั้นเมื่อเวสเซลเมมเบอร์หลายๆ เซลล์มาเรียงต่อกันจึงสามารถเป็นโครงสร้างที่สามารถลำเลียงน้ำในท่อได้ เรียกว่า เวสเซล (vessel)



▶ แสดงโครงสร้างของไซเล็ม เซลล์เตรคีด (a) เวสเซลเมมเบอร์ (b) และภาพตัดขวางและตามยาวของชิ้นเนื้อเยื่อไซเล็ม (c)

นอกจากนี้ไซเล็ม ยังประกอบไปด้วยเซลล์อื่นๆ อีก เช่น ไซเล็มไฟเบอร์ (xylem fiber) ที่ทำหน้าที่ในการเสริมความแข็งแรงของไซเล็ม และสามารถสะสมอาหารบางชนิดเช่นแป้งได้อีกด้วย ไซเล็มพาเรงคิม่า (xylem parenchyma) ซึ่งมีบทบาทในการกระจายสารไปทางด้านข้างของไซเล็ม

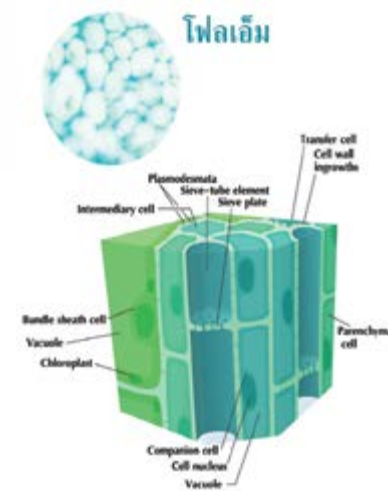
• **โฟลเอ็ม (phloem)** เป็นเนื้อเยื่อที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยลำเลียงสารอาหาร ที่ได้รับการสังเคราะห์ด้วยแสงจากใบสังเคราะห์ขึ้นเพื่อลำเลียงไปสู่ส่วนต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์หลากหลายชนิด โดยมีเซลล์ที่สำคัญ คือ เซลล์ท่อลำเลียงอาหาร หรือซีฟทิวบ์เมมเบอร์ (sieve tube member) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยังมีชีวิตโดยมีรูพรุนกระบอกเป็นทรงท่อ แต่เมื่อเจริญเต็มที่แล้วจะไม่มีการเคลือบโดยมีแวคิวโอลในเซลล์ที่มีอาหารสะสมอยู่ ผนังเซลล์ปฐภูมิมีลักษณะบาง และมีรูเล็กอยู่เป็นกลุ่ม ที่ผนังด้านหัวและท้ายของเซลล์ ทำให้มีลักษณะเป็นตะแกรง เรียกว่า ซีฟเพลต (sieve plate) ซีฟทิวบ์เมมเบอร์เมื่อมาเรียงต่อกันจะเกิดเป็นโครงสร้างท่อเรียกว่าท่อลำเลียงอาหารหรือซีฟทิวบ์ (sieve tube) นอกจากนั้นยังพบ ลักษณะคล้ายรูเป็นกลุ่มตามผนังเซลล์ด้านข้างด้วย เป็นช่องว่างเล็กจำนวนมากที่อยู่บนผนังเซลล์ เราเรียกช่องนี้ว่า พลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata)

ในโฟลเอ็มยังมีเซลล์ที่ประกบท่อลำเลียงอาหาร เรียกว่า เซลล์คอมพานีออน (companion cell) โดยเป็นเซลล์มีชีวิตมีลักษณะเป็นเซลล์พาเรงคิม่าอยู่ติดกับซีฟทิวบ์เมมเบอร์ เชื่อว่าสามารถทำหน้าที่ใน

การเสริมการทำงานของซีฟทิวบ์เมมเบอร์ในการนำ
เข้าและส่งออกน้ำตาล จากส่วนซีฟทิวบ์เมมเบอร์
โดยเราเรียกโครงสร้างเซลล์คอมพานิเยนและ
ซีฟทิวบ์เมมเบอร์รวมกันนี้ว่า ซีฟเอเลเมนต์
(sieve element)

โฟลเอ็มพาเรงคิมา เป็นส่วนที่กระจายอยู่ทั่ว
โฟลเอ็มทั้งในแนวตั้งและแนวนอนของรากและลำต้น
ทำหน้าที่ในการผสมแป้ง แทนนินและเรซิน

โฟลเอ็มไฟเบอร์ ทำหน้าที่ในการสร้างความ
แข็งแรงให้กับส่วนของโฟลเอ็ม

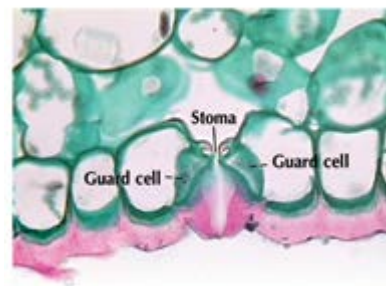


▶ แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อเกลอเรงคิมา

ชั้นของเนื้อเยื่อผิวที่สำคัญ ที่พบในพืชส่วนต่าง ๆ มีดังนี้

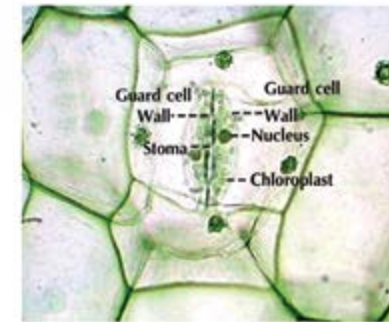
เอพิเดอร์มิส (epidermis)

เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่รอบนอกสุดในแต่ละส่วนของพืช หน้าที่สำคัญของเอพิเดอร์มิส คือ การป้องกัน
เนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นในเข้ามา เอพิเดอร์มิสของลำต้นและใบ ส่วนมากแล้วมีความหนา 1 ชั้นเซลล์ ได้ซึ่งมีเซลล์
ที่สำคัญ คือ เซลล์ผิว (epidermal cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ไม่ประกอบไปด้วยคลอโรพลาสต์ (chloroplast)
มีหน้าที่ในการปกป้องผิว มีการสร้างสารคิวติน (cutin) เป็นชั้นผิวเคลือบ (cuticle) ซึ่งมีลักษณะเป็นไข
เพื่อลดการระเหยของน้ำ ผนังด้านนอกมีความหนา มีการเรียงตัวของผนังเซลล์จนไม่มีช่องว่าง และ
มีรูปร่างไม่แน่นอน



▶ แสดงโครงสร้างเนื้อเยื่อเกลอเรงคิมา

เซลล์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งในเอพิเดอร์มิส เรียก
ว่าเซลล์คุม (guard cell) เป็นเซลล์ที่มีลักษณะ
พิเศษ รูปร่างคล้ายตัว อยู่เป็นคู่ประกบกันในลักษณะ
พิเศษ บริเวณกลางกลางเซลล์ จะมีการประกบกัน
ที่ไม่ได้เชื่อมสมบูรณ์ เกิดเป็นช่องที่เรียกว่าปากใบ
(stomatal pore) ผนังเซลล์ปฐมภูมิบริเวณปากใบ
จะหนากว่าบริเวณอื่นและมีคลอโรพลาสต์ รวมเรียกว่า
เซลล์คุม และรูปร่างปากใบ (stoma) นอกจาก
นี้ยังอาจพบขน (hair) ซึ่งอาจเป็นเซลล์เดี่ยว หรือ
หลายเซลล์ก็ได้สำหรับในรากเอพิเดอร์มิสจะประกอบ
ไปด้วยเซลล์ผิวและเซลล์ขนราก (root hair cell)
โดยภายในรากเรามักจะไม่พบเซลล์คุม



▶ แสดงโครงสร้างของเซลล์คุม

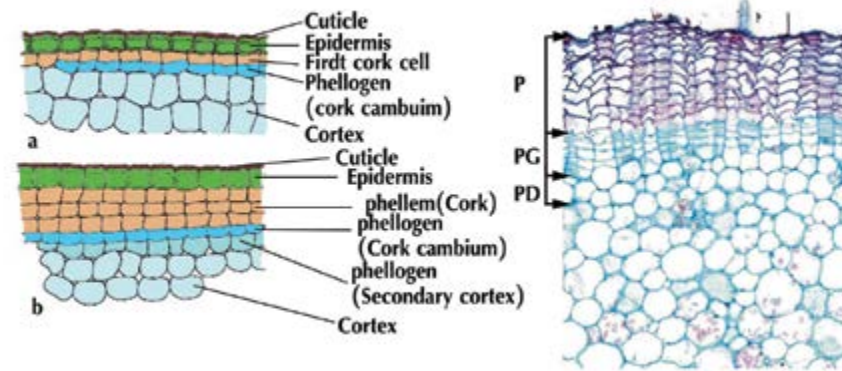
เพอริเดอร์มิส (peridermis) หรือเพอริเดิร์ม (periderm)

สามารถพบได้ในพื้นที่ที่มีอายุมากขึ้นโดยเกิดจากการเจริญของเนื้อเยื่อคอร์กแคมเบียม ในส่วนของ
รากและลำต้นซึ่งการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อนี้จะทำให้ส่วนของเอพิเดอร์มิสแยกออกเรือนเนื้อเยื่อที่เจริญเข้า
มาทดแทนในส่วนนี้เรียกว่าเพอริเดิร์ม ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตในชั้นทุติยภูมิ (secondary growth) ซึ่ง
เป็นการเจริญเติบโตที่ทำให้ลำต้นและรากขยายขนาดขึ้น



เพอริเดิร์มแบ่งออกเป็น 3 ชั้นตามชนิดของกลุ่มเซลล์

1. คอร์ก หรือเฟลเลม (phellem) จะทำหน้าที่ในการสร้างสารซูเบอร์ิน (suberin) สะสมเหนือผิวเซลล์ เพื่อลดการสูญเสียน้ำของต้นพืช โดยเมื่อเซลล์แก่จะตายลง และมีอากาศเข้ามาแทนที่ไปโทดลาสซึมเซลล์ที่ตายลง
2. กลุ่มเซลล์เฟลโลเจน (phellogen) ทำหน้าที่สร้างเพอริเดิร์ม
3. เฟลโลเดิร์ม (phelloderm) เกิดจากการแบ่งตัวของเฟลโลเจนเข้ามาด้านใน ต้นพืชประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา (parenchymal cell)



▶ แสดงโครงสร้างของเพอร์ดีเรียมแต่ละชั้น (ซ้าย) และภาพเนื้อเยื่อ (ขวา) ประกอบด้วยชั้น คอร์ก (P) เฟลโลเจน (PG) และ เฟลโลเดิร์ม (PD)

▶ คำถามท้ายหัวข้อเนื้อเยื่อพืช

1. เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรมีความแตกต่างกันอย่างไร
2. การเจริญของเนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อและเนื้อเยื่อเจริญด้านข้างเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
3. ความแตกต่างของเนื้อเยื่อพาเรงคิมา คอลเลงคิมา สเกลอเรนคิมา มีอะไรบ้าง
4. หน้าที่ของไซเล็มและโฟลเอ็ม เหมือนหรือต่างกัน อย่างไร



อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช

ราก

รากเป็นอวัยวะของพืชที่ทำหน้าที่ในการดูดน้ำ และสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการยึดส่วนของลำต้น ให้ติดกับพื้น แม้ว่าจะมีแรงมากระทำต่อลำต้นหรือยอดไม้ก็ตาม ซึ่งการเจริญเติบโตของรากจะมีทิศทางที่เจริญลงสู่ดินตามแรงโน้มถ่วงของโลก (geotropism)

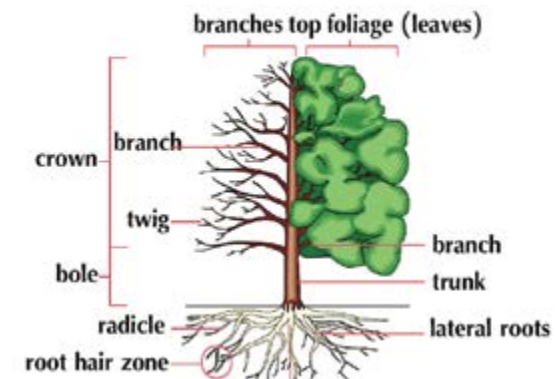


▶ แสดงแผนภาพโครงสร้างของราก (ซ้าย) และรากพิเศษของต้นโกงกาง (ขวา)

โครงสร้างของราก

การเจริญของรากจะเริ่มขึ้น เมื่อส่วนที่จะเจริญเป็นต้นพืชจากในเมล็ด ได้รับสภาพการเจริญเติบโตที่เหมาะสมเช่นอุณหภูมิและความชื้น รากของพืชจะโผล่พ้นเมล็ดออกมา ก่อน โดยส่วนที่เจริญเป็นรากอันแรก เรียกว่ารากปฐมภูมิ (primary root) หรือรากแก้ว (tap root) ซึ่งความยาวของรากจะยาวออกขึ้นเรื่อยๆ และอาจเริ่มสังเกตเห็นขนราก (root hair) เกิดขึ้นบริเวณปลายสุดของราก จากนั้นจะมีการเพิ่มจำนวนของรากเป็นรากทุติยภูมิ (secondary root) หรือแขนง (lateral root) ออกจากรากเดิม ในพืชบางชนิด เช่น โกงกาง อาจมีการแตกแขนงของราก ออกจากบริเวณที่เหนือจากรากเดิมเรียกว่ารากพิเศษ (adventitious root) ซึ่งมีทั้งรากที่ช่วยค้ำจุนโครงสร้าง และช่วยในการหายใจ เนื่องจากดินในถิ่นที่อยู่ มักมีน้ำท่วมขัง รากพิเศษมีหลายประเภท ตามสภาพและความเป็นอยู่ของพืช

structure of a tree



▶ แสดงแผนภาพโครงสร้างของราก (ซ้าย) และรากพิเศษของต้นโกงกาง (ขวา)

โครงสร้างภายในของรากพืช มี 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่

1. เอพิดERMิส เป็นชั้นของเซลล์ที่อยู่รอบนอกสุดซึ่งมีลักษณะที่ผนังเซลล์ด้านนอกหนา และอาจจะมีเซลล์ขนรากแทรกอยู่เป็นชั้นเดียว
2. คอร์เทกซ์ (cortex) เป็นส่วนที่อยู่ในชั้นถัดมา ซึ่งเซลล์เรียงตัวกันเป็นชั้นหลายชั้นส่วนมากเป็นเซลล์พาราเควมา ซึ่งมีหน้าที่ในการสะสมน้ำและอาหาร ส่วนในสุดของชั้นคอร์เทกซ์จะเห็นเซลล์พาราเควมาเรียงเป็นแถวซึ่งพบการสะสมสารซูเบอร์อินเป็นแถบเล็กๆ อยู่รอบเซลล์ เป็นลักษณะพิเศษเรียก เอนโดเดอร์มิส (endodermis) โดยในบริเวณเอนโดเดอร์มิสจะเกิดเป็นการสะสมของสารซูเบอร์อิน และลิกนินเมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นจะมีแถบแคสพาเรียน หรือแคสพาเรียนสตรีป (Caspasian strip) ทำให้ผนังเซลล์หนาขึ้น และดูดซึมน้ำขึ้น
3. สตีล (stele) เป็นส่วนที่ถัดจากเอนโดเดอร์มิสของคอร์เทกซ์ ประกอบไปด้วยส่วนเนื้อเยื่อเพริไซเคิล (pericycle) เนื้อเยื่อท่อลำเลียง และส่วนไส้ไม้ (pith)

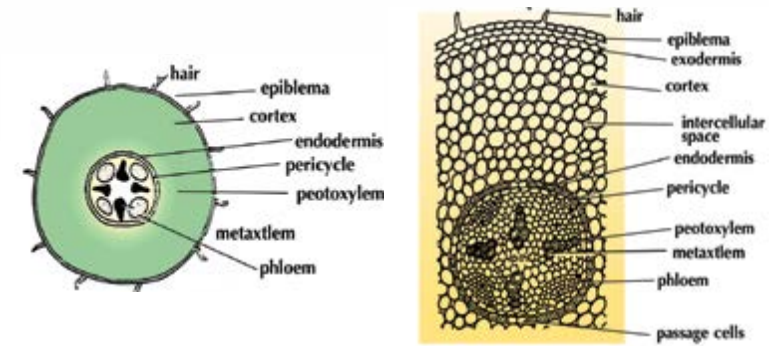
เพริไซเคิล เป็นเนื้อเยื่อที่มีพาราเควมาเรียงตัวกันเป็นวงที่อยู่ชั้นถัดจากส่วนเอนโดเดอร์มิส ซึ่งเซลล์ในบริเวณนี้สามารถเปลี่ยนสภาพกลับไปเป็นเนื้อเยื่อที่มีความสามารถในการแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้อีก เพื่อเป็นเนื้อเยื่อกำเนิดของรากแขนง และในรากพืชบางชนิดมีการเติบโตแบบทุติยภูมิ (secondary growth) ซึ่งสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นคอร์กแคมเบียมได้

เนื้อเยื่อกลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle) เริ่มแรกของการเจริญเติบโตแบบปฐมภูมิจะมีโฟลเอ็มปฐมภูมิ (primary phloem) และไซเล็มปฐมภูมิ (primary xylem) ซึ่งไซเล็มจะอยู่ช่วงกลางของรากมักมีลักษณะเป็นแฉก แฉกของไซเล็มจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช พืชใบเลี้ยงคู่จะมีจำนวนแฉกของไซเล็มน้อยในขณะที่พืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีจำนวนแฉกมากกว่า

• **ไซเล็ม** ในรากเป็นท่อที่ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ ประกอบด้วยเซลล์สำคัญ คือ เวสเซลเมมเบอร์ เทเรติด เซลล์พาราเควมา และอาจมีไฟเบอร์แทรก

• **โฟลเอ็ม** ในราก ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ได้แก่ ซีฟทิวบ์เมมเบอร์ เซลล์คอมพานีออน โดยที่อาจมีเซลล์พาราเควมา และไฟเบอร์ทำหน้าที่หลักในการลำเลียงสารอาหาร

• **พิท** คือ ส่วนกลางของราก หรือลำต้นที่ไม่ใช่ส่วนไซเล็มปฐมภูมิ โดยพิทอ่านประกอบไปด้วยเซลล์พาราเควมาซึ่งมักพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



▶ แสดงแผนภาพโครงสร้างของราก

▶ คำถามท้ายหัวข้ออวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะของพืช

1. รากปฐมภูมิและรากทุติยภูมิมีความแตกต่างกันอย่างไร
2. โครงสร้างของเนื้อเยื่อรากในพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
3. คอร์กคืออะไร พบได้ในพืชกลุ่มใด
4. ยกตัวอย่างพืชที่มีลำต้นใต้ดินอย่างน้อย 10 ชนิด
5. ปากใบของบัว สาหร่ายหางกระรอก และจำปี มีความเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร



การเติบโตทุติยภูมิของรากพืชใบเลี้ยงคู่

การเติบโตแบบทุติยภูมิ เป็นรูปแบบของการเจริญเติบโตที่ทำให้โครงสร้างพืชขยายขนาดขึ้น เนื่องจากการสะสมการสร้างของเนื้อเยื่อถาวรเพิ่มจากกระบวนการแบ่งเซลล์ ทำให้มีการซ้อนกันของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง ในส่วนวาสคิวลาร์แคมเบียม และคอร์กแคมเบียมซึ่งเนื้อเยื่อเจริญนี้เปลี่ยนจากเซลล์ในเนื้อเยื่อถาวรในราก ซึ่งมีประโยชน์ทำให้เกิดการสร้างจำนวนกลุ่มเนื้อเยื่อในประเภทท่อลำเลียงมากขึ้น ทำให้สามารถลำเลียงน้ำและอาหารเข้าสู่ลำต้นได้มากขึ้น วาสคิวลาร์แคมเบียมเปลี่ยนสภาพจากเซลล์ระหว่างไซเล็มและโฟลเอ็มปฐมภูมิ เพื่อแบ่งตัวและสร้างไซเล็มและโฟลเอ็มทุติยภูมิ (secondary xylem & secondary phloem) รอบนอกไซเล็มและโฟลเอ็มเดิม นอกจากนี้เพริไซเคิลยังสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นคอร์กแคมเบียม ทำให้เกิดการเจริญเติบโตทุติยภูมิ เพื่อสร้างคอร์กแทนเนื้อเยื่อผิวเดิมได้ ซึ่งเราไม่พบการเจริญเติบโตลักษณะนี้ในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวส่วนใหญ่