

บทที่ 7

เนื้อเยื่อของพืชและสัตว์

ยุพา วรยศ

อาจารย์ กิจวิริยะ

เนื้อเยื่อของพืช

(PLANT TISSUE)

เซลล์จัดเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของร่างกายที่สามารถทำหน้าที่ต่าง ๆ ของร่างกายได้โดยเฉพาะเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่ประกอบด้วยเซลล์เดียว เซลล์นั้นสามารถทำหน้าที่ของสิ่งมีชีวิตได้ทุกอย่าง แต่โดยทั่ว ๆ ไปสิ่งมีชีวิตย้อมประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์รวมกันเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะทำหน้าที่แตกต่างกัน เช่น ทำหน้าที่ปักคุณ ลำเลียงอาหารและของเสีย สังเคราะห์แสง สืบพันธุ์ และอื่น ๆ กลุ่มของเซลล์ที่รวมกันทำหน้าที่ต่าง ๆ นั้นเรียกว่า เนื้อเยื่อ (Tissues) เนื้อเยื่อของพืชอาจแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

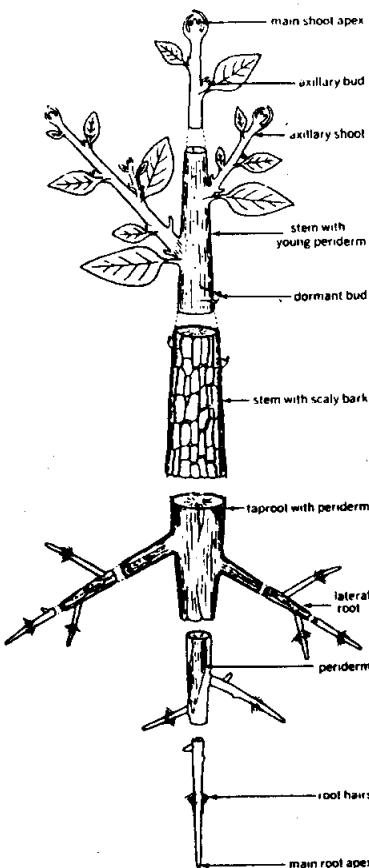
1. เนื้อเยื่อเจริญ (Embryonic หรือ meristematic tissues)

เนื้อเยื่อเจริญเป็นเนื้อเยื่อที่เจริญมาจากไซโภต ได้จากการแบ่งเซลล์ของไซโภต สัตว์ มีการสร้างเนื้อเยื่อและอวัยวะเพิ่มขึ้นจนครบถ้วนในระหว่างการเจริญเติบโตของตัวอ่อน เท่านั้น เมื่อสัตว์โตเต็มที่แล้วจะไม่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์อีก พืชจะต่างจากสัตว์ตรงที่พืชมี การสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อใหม่เกิดขึ้นตลอดชีวิต เช่น มีการสร้างใบ ดอก และผลเกิดขึ้นใหม่ ตลอดเวลา ต้นพืชจะประกอบด้วยบางส่วนที่เกิดใหม่ที่ยังอ่อนอยู่ และบางส่วนที่โตเต็มที่หรือ แก่แล้ว การที่มีเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนอยู่ตลอดชีวิตนั้น เนื่องจากเซลล์บางบริเวณของพืชมีการแบ่งตัว ออยู่ตลอด กลุ่มของเซลล์ที่กล่าวเรียกว่า เนื้อเยื่อเจริญ

เนื้อยื่อเจริญแบ่งออกเป็นหลายชนิด แล้วแต่หลักที่ใช้ในการจำแนก เช่น ดูจาก ตำแหน่งของ เนื้อยื่อเจริญ ที่พับ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. **Apical meristem** เป็นเยื่อเจริญที่เกิดอยู่ปลายต้นและราก (รูปที่ 7-1) ทำหน้าที่เพิ่มความสูง (ยาว) ให้แก่ลำต้น มักประกอบด้วยเซลล์เจริญที่อยู่รวมกันเป็นกระჯุกรูปกรวย ในรากจะมีหมวดรากปักคลุม ทำหน้าที่ป้องกันเซลล์เจริญ ในขณะที่รากชอนลงดิน ส่วนเยื่อเจริญที่เกิดอยู่ปลายยอดจะได้รับการป้องกันด้วยใบอ่อนที่เกิดอยู่ตรงฐานของกรวย

2. **Lateral meristem** เป็นเยื่อเจริญที่เกิดเรียงขันกับด้านข้างของอวัยวะที่เยื่อเจริญเกิดอยู่ ได้แก่ พวง vascular cambium และ cork cambium ซึ่งเยื่อเจริญเหล่านี้จะทำให้ส่วนของต้นและรากหนามากขึ้น มักพบในพวงไม้เนื้อแข็ง เช่น พวงไม้พุ่มและไม้ยืนต้น Axillary bud (รูปที่ 7-1) จัดเป็น lateral meristem ชนิดหนึ่ง



รูปที่ 7-1 ลักษณะภายนอกของพืชใบเดียงคู่ แสดงการเพิ่มความหนาของต้นและรากโดยมี secondary growth คือ มี periderm เกิดขึ้น

ดูจากภายนอก จะพบมีเยื่อเจริญอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า intercalary meristem ได้แก่ เยื่อเจริญที่พบอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อบริเวณปล้อง คือ เหนือข้อหรืออาจพนบ้างที่ปลายข้อ มักพบตามข้อและก้านใบของพืชใบเลี้ยงเดียว เช่น ต้นหญ้า หรือต้นสนหางม้า (*Equisetum*) เป็นต้น (Esua, 1953)

เนื้อเยื่อเจริญอาจจำแนกออกตาม ระยะการเจริญเติบโต ออกเป็น

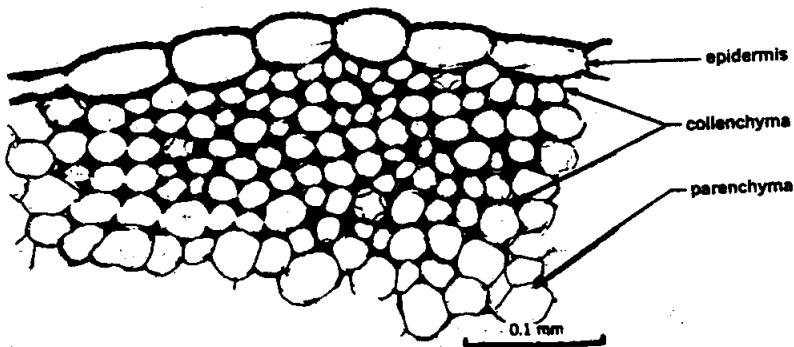
1. **Promeristem** หรือ **protomeristem** คือ เนื้อเยื่อเจริญที่เกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เจริญ ที่บริเวณปลายสุดของราก ลำต้น ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะและขนาดคล้ายกัน เพราะเซลล์ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย
2. **Primary meristem** เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ติดกับ promeristem เซลล์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลง แต่ยังไม่สมบูรณ์นัก เซลล์จะมีลักษณะและขนาดต่างกันบ้าง ตัวอย่างเช่น กลุ่มเซลล์ในเขตขยายตัวของราก
3. **Secondary meristem** ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญที่เกิดจากเนื้อเยื่อที่ราบง่ายส่วนเปลี่ยนกลับไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญใหม่ พบริเวณและลำต้นของพืชพากใบเลี้ยงคู่ ทำให้พืชมีการขยายตัวตามด้านกว้างเพิ่มขึ้น ได้แก่ เนื้อเยื่อพวงแคมเปียม (รูปที่ 7-9) และคอร์กแคมเปียม (phellogen) (รูปที่ 7-5)

2. เนื้อเยื่อผิว (Surface tissues หรือ protective tissues)

เนื้อเยื่อผิวได้แก่ เนื้อเยื่อที่พบบริเวณผิวนอกสุดของต้นพืช ทำหน้าที่ปักคุณและป้องกันอันตรายให้แก่ต้นพืช แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Epidermis และ Periderm

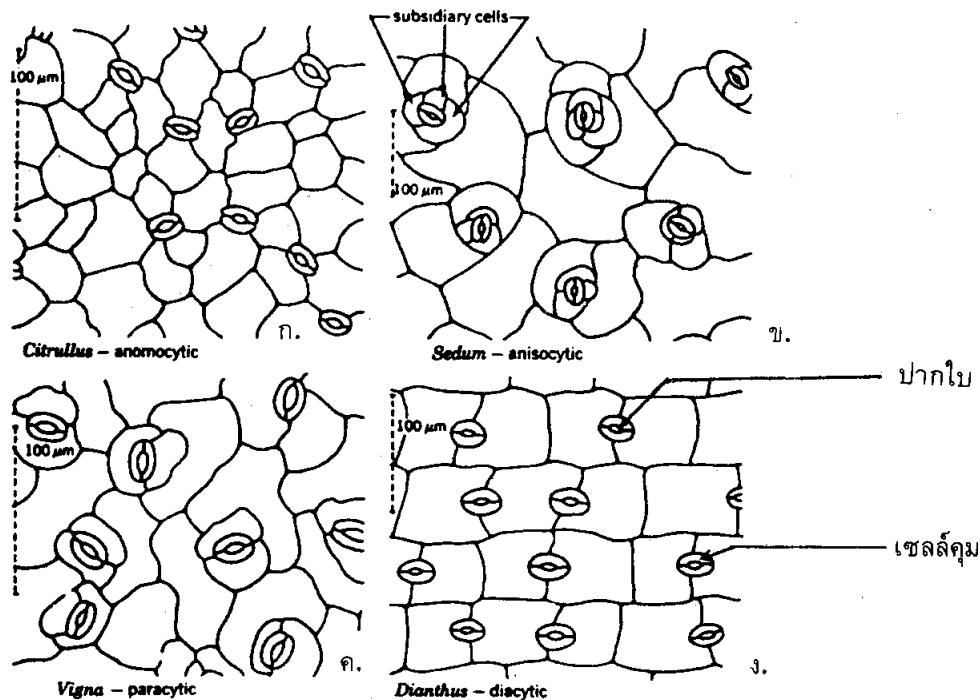
1. **Epidermis** เป็นเนื้อเยื่อผิวที่พบทั่ว ๆ ไปในต้นพืชที่ยังอ่อนอยู่ ในพืชพากไม้ล้มลุกจะพบตลอดชีวิต พบในทุกส่วนของพืช ทั้งใบ ต้น ราก และอวัยวะสีบพันธุ์ เซลล์ในชั้น epidermis มักจะมีสารประเทกซึ่ง (Wax) ขึ้นปกคุณที่ผิวด้านนอกของเซลล์ ได้แก่ สารพาก cutin (คิวทิน) คิวทินอาจมีปริมาณมากจนมีลักษณะเป็นชั้นต่างหากเรียกว่า cuticle ในพืชบางชนิดพบมีคิวทินมากจนมองเห็นเป็นละอองสีขาวปิดไว้ตามใบได้ง่าย เช่น ที่พบตามใบผักกระหลาและผลอุ่น เป็นต้น เนื้อเยื่อผิวที่พบในส่วนของต้นที่อยู่เหนือดินจะทำหน้าที่ป้องกันการระเหยของน้ำ เซลล์ที่ประกอบเรียกว่า **epidermal cells** เป็นเซลล์ที่ยังมีชีวิตมักเรียกวิตติดกัน และมักจะประกอบด้วยเซลล์ที่หนาเพียงชั้นเดียว ลักษณะของเซลล์พากนี้ คือ เป็นเซลล์ที่มีผังบาง ผิวนอกมักโค้งออก

ไม่มีคลอโรพลาสต์ อยู่เรียงกันแน่น ดูด้านข้างเกือบเป็นเซลล์รูปสี่เหลี่ยม (รูปที่ 7-2) มีเวคิวโอลให้ญี่



รูปที่ 7-2 แสดงลักษณะและตำแหน่งของ epidermal cells และ angular collenchyma

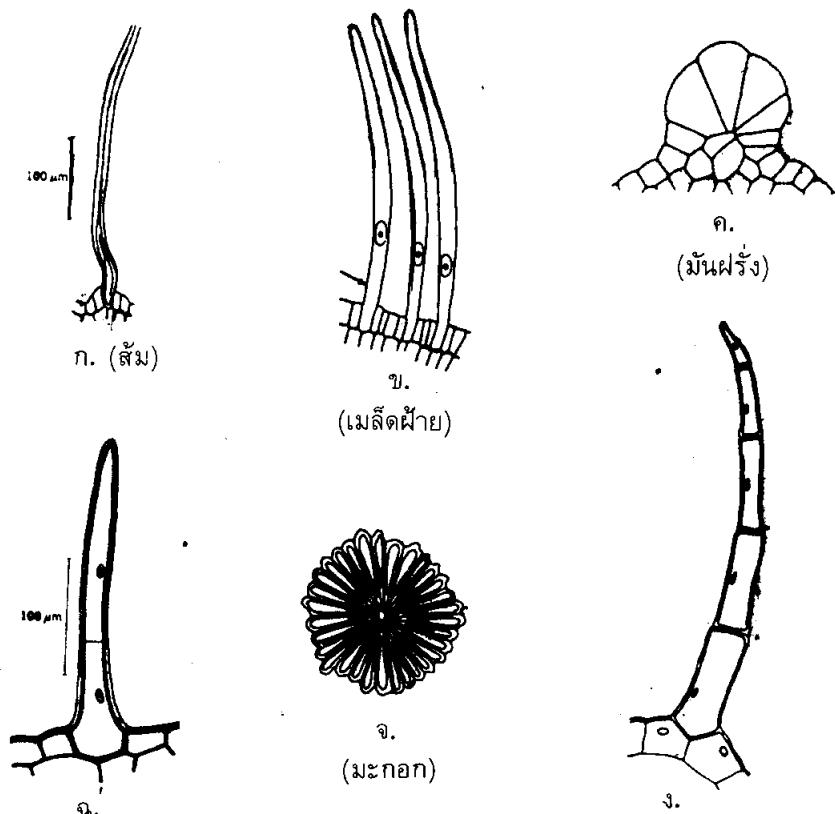
นอกจาก epidermal cell แล้ว ในส่วนของต้นพืชที่อยู่เหนือดิน จะพบพวง เซลล์คุณ (Guard cells) มีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วอยู่กันเป็นคู่ ๆ มีช่องว่างเล็ก ๆ อยู่ระหว่างเซลล์ทั้งสอง ซึ่งขนาดของช่องว่างจะขึ้นกับปริมาณของเซลล์คุณที่เปลี่ยนไป เรียกช่องว่างนี้ว่า ปากใบ (Stoma) (รูปที่ 7-3) ปากใบทำหน้าที่เป็นทางแลกเปลี่ยนกําชระห่วงต้นพืชกับสิ่งแวดล้อมภายนอก



รูปที่ 7-3 แสดงเซลล์ชนิดต่าง ๆ ในชั้น epidermis ดูจากด้านบน เห็นเซลล์คุณและปากใบแบบต่าง ๆ

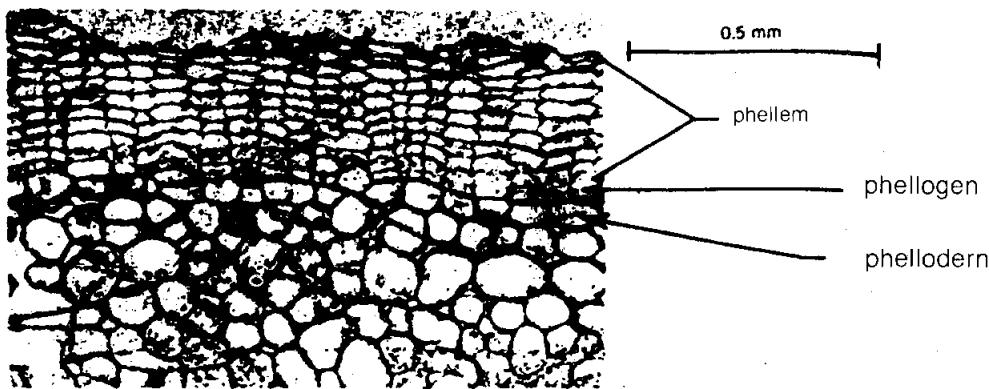
นอกจากนี้ ในพืชหลายชนิดจะเห็นเซลล์ในชั้น epidermis ที่มีรยางค์ยื่นออกไปเรียกว่า Trichomes มีรูปร่างต่าง ๆ กัน (รูปที่ 7-4 ก.-ฉ.) ซึ่งอาจประกอบด้วยเซลล์ ๑ เดียว หรือหลายเซลล์ได้ อาจมีลักษณะเป็นขน เกล็ด หรือต่อม เช่น พากต่อมน้ำมันในพืชพวงยาสูบ เป็นต้น ขั้นบนชั้น epidermis ของเมล็ดฝ่ายยาวมาก อาจยาวถึง $2\frac{1}{2}$ มิลลิเมตร (รูปที่ 7-4 ข.) ความยาวขนาดนี้ประกอบกับการที่มีปริมาณเซลล์โลหะสูงอยู่ในผนังเซลล์ ทำให้ฝ่ายมีประโยชน์มากในอุตสาหกรรมทอผ้า

พาก Trichomes ที่มีลักษณะเป็นขน จะทำหน้าที่ป้องกันความร้อนหรือขับเกลือที่เป็นพิษบางชนิดออกจากต้นพืชไม่ให้มีการสะสมมากเกินไป หรือป้องกันแมลง เนื้อเยื่อผิวของรากจะพบมีรากขนอ่อนอยู่บริเวณตัดจากปลายรากเข้ามานิดหน่อย เป็นเซลล์เดียว ทำหน้าที่ดูดสารละลาย มีอายุสั้นเพียงไม่กี่วันก็ตาย และจะถูกแทนที่ทันทีโดยเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ในบริเวณเหนือปลายราก



รูปที่ 7-4 แสดง Trichomes แบบต่าง ๆ ก.-ช. เป็นเส้นยาว ประกอบด้วยเซลล์เดียว ค.-ฉ. ประกอบด้วยหลายเซลล์ที่อยู่ในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น เป็นตุ่ม (ค.) เป็นขนยาว ๆ (ช.) หรือเป็นแผ่นเรียก peltate scale (จ.) และแบบสุดท้ายประกอบด้วยเซลล์เพียง ๒ เซลล์ (ญ.)

2. Periderm ในพืชที่อายุมากขึ้น ส่วนของต้นหรือรากจะมีความหนาเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเนื้อเยื่อเจริญพากแคมเบียม ในลักษณะนี้จะมีผลทำให้ epidermis ถูกดันจนแตกออก อย่างไรก็ตาม ก่อนที่ epidermis จะแตกทำลาย พืชจะมีการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ขึ้นมาเรียก periderm จัดเป็นการเจริญเติบโตขึ้นที่สองของพืช (Secondary growth) periderm สร้างขึ้นโดยเยื่อเจริญพาก cork cambium periderm เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นแทน epidermis พบในต้นหรือรากของพืช ในใบมักไม่มี แต่จะพบเมื่อใบร่วง หรือเมื่อมีบาดแผลเกิดขึ้น เซลล์ที่อยู่ด้านนอกสุดของ periderm เรียก คอร์ก เซลล์คอร์กนั้น เมื่อแก่จะตายลงและมีอากาศเข้าไปแทรกอยู่แทนที่ protoplasm ทำให้มีน้ำหนักเบา นอกจากนี้ ก่อนที่เซลล์คอร์กจะตาย เซลล์พากนี้จะสร้างสารพากไขมันและซูเบอรินมาพอกเหนือผนังเซลล์ ชั้นเซลล์โลส ชั้นไขมันและซูเบอรินนี้จะช่วยป้องกันน้ำ คอร์กที่เกิดขึ้นนี้จัดเป็นการ ปรับตัวที่ดีของต้นพืช คือ ป้องกันไม่ให้มีการสูญเสียน้ำมากเกินไป จากคุณสมบัติของคอร์กที่เบา และป้องกันน้ำไม่ให้ระเหยผ่านได้ง่าย จึงมีการนำคอร์กมาใช้ทำฝาจุกขวดเทอร์มอส



รูปที่ 7-5 แสดง periderm ในรากของมันเทศ (*Ipomea batatas*)

periderm ประกอบด้วยเซลล์ 3 กลุ่ม (รูปที่ 7-5) เรียงกันอยู่เป็นชั้น ๆ คือ ชั้น **phellogen** หรือคอร์กแคมเบียม ประกอบด้วยเซลล์เจริญที่เรียงหนาชั้นเดียว มองตามแนวตัดขวางของลำต้น เห็นเป็นเซลล์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำหน้าที่สร้าง periderm ถัดออกมานี้ คือ **phellem** หรือคอร์ก เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่ต้นพืช อยู่ด้านนอกของ phellogen ปกติจะมีรูปร่าง เป็นเหลี่ยม เรียงตัวกันแน่น ทำให้มีช่องว่างระหว่างเซลล์ ไม่มีชีวิตเมื่อโตเต็มที่ แต่อาจมี ของเหลวหรือของแข็งอยู่ภายในเซลล์ที่ไม่มีสีหรือมีสีก็ได้ มีซูเบอรินที่เป็นไขมันชนิดหนึ่ง เกิดเป็นชั้น ๆ พอกอยู่เหนือชั้นเซลล์โลส ทำให้เซลล์มีผนังเซลล์หนาต่างกัน และอาจมีสีเหลือง หรืออ่อน้ำตาล

พืชหล่ายชนิด ในชั้น Phellem อาจมีเซลล์คอร์กสลับกับเซลล์ที่ไม่มีชูเบอริน เรียกว่า **phelloid cells** ชั้นในสุด คือ **phellogen** ประกอบด้วยเซลล์พากพาเรนไคมาที่ยังมีชีวิต เกิดจาก phellogen แบ่งตัวเข้ามาด้านในของต้น มีลักษณะเหมือนกับพากพาเรนไคมาในชั้นคอร์เกช แยกกันได้ตรงตำแหน่งที่พบเท่านั้น

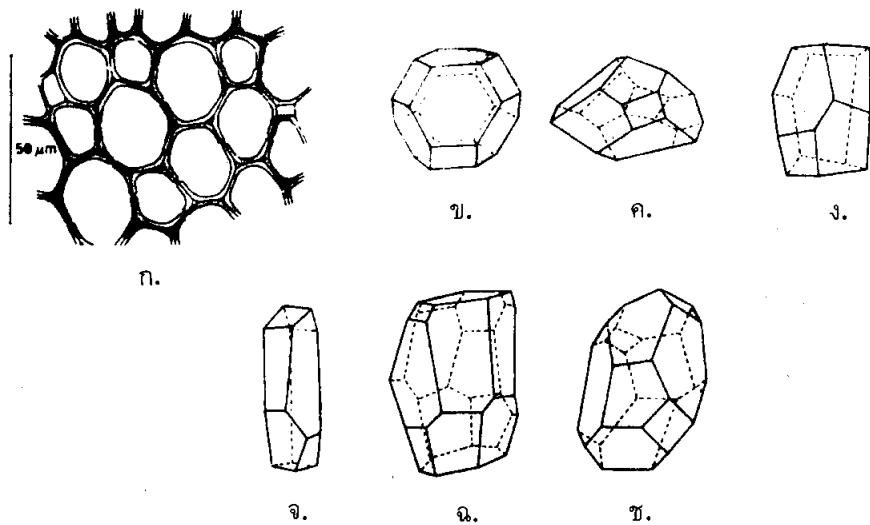
3. เนื้อยื่อพื้น (Fundamental Tissues)

เนื้อยื่อพื้นเป็นเนื้อยื่อส่วนใหญ่ที่ประกอบเป็นตันพืช พบในส่วนที่อ่อนนุ่มภายในของใบดอกและผล ประกอบเป็นคอร์เกชของต้นและราก และส่วน pith ของต้น เหล่านี้จัดเป็นเนื้อยื่อพื้น หน้าที่สำคัญของเนื้อยื่อพื้น คือ สร้างและสะสมอาหาร ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด คือ

1. พากพาเรนไคมา (Parenchyma) พบเกิดอยู่ทั่วไปในลักษณะที่อยู่ติดต่อกันเป็นจำนวนมากทั่วตันพืช โดยเฉพาะในบริเวณระหว่าง epidermis และเนื้อยื่อลำเลียงน้ำและอาหาร ใน pith ในเนื้อยื่อสังเคราะห์แสงของใบ ในผล และเอนโดสเปริม เป็นต้น เซลล์พากนี้จะมีรูปร่างลักษณะคล้ายเซลล์เจริญยิ่งกว่าเซลล์ชนิดใดของตันพืช

เซลล์พากพาเรนไคมา มีรูปร่างหลายแบบ แต่พากที่ทำหน้าที่เป็นเนื้อยื่อพื้น เซลล์จะมีรูปร่างที่เกือบจะ isodiametric คือ กว้างยาวเกือบทั่วทั้ง ก. (รูปที่ 7-6 ก.) แต่อาจมีรูปร่างยาวหรือยกเป็นพูกได้ แต่ถึงแม้จะเกือบ isodiametric แต่ก็ไม่กลม เป็นหลายเหลี่ยมเนื่องจากอยู่ติด ๆ กัน พบมีตั้งแต่ 4, 6, 8 ถึง 20 เหลี่ยม (รูปที่ 7-6 ช.) การเรียงตัวของเซลล์แล้วแต่ตำแหน่งและหน้าที่ เช่น พากที่ทำหน้าที่สะสมอาหารในต้นและรากจะมีช่องว่างระหว่างเซลล์ กว้าง ในเอนโดสเปริมของเมล็ดจะอยู่กันอัดแน่น จึงมีช่องว่างระหว่างเซลล์แคบ ส่วนต้นไม้ที่อยู่ในน้ำช่องว่างระหว่างเซลล์จะกว้างมาก มีอากาศอยู่ เรียกว่า air space เนื้อยื่อที่มีช่องว่างระหว่างเซลล์แบบนี้เรียกว่า **aerenchyma** ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซให้กับตันพืช

ส่วนประกอบและหน้าที่ของเซลล์พากพาเรนไคมา มีแตกต่างกัน เช่น พากพาเรนไคมาที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แสง จะมีคลอโรฟลาสต์จำนวนมาก เรียกเซลล์นี้ว่า **chlorenchyma** พบมากพบใน mesophyll ของใบ แต่อาจพบในชั้นคอร์เกชของต้น หรืออยู่ลึกลงไปอีก แม้แต่ใน pith เซลล์พากนี้มักจะมีแนวคิวโอลใหญ่ พากที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ secretion มักมี protoplasm เข้มข้น มี ribosome dictyosomes และ ER จำนวนมาก ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของของเหลวที่ผลิตขึ้น



รูปที่ 7-6 แสดงเซลล์พารេนไคมา ก. ตัดตามขวางเซลล์จะมีขนาดเกือบทุกตัวน ข. รูปร่างของ พารេนไคมาที่มี 14 เหลี่ยม ค. เซลล์ใน rith ของ *Ailanthus* พบมี 14 เหลี่ยม เช่นกัน ง.-ช. เป็นเซลล์ที่พบใน rith ของต้นสาปเสือ จำนวนของเหลี่ยม คือ 10 (ก.) 9 (จ.) 16 (ค.) และ 20 เหลี่ยม (ช.)

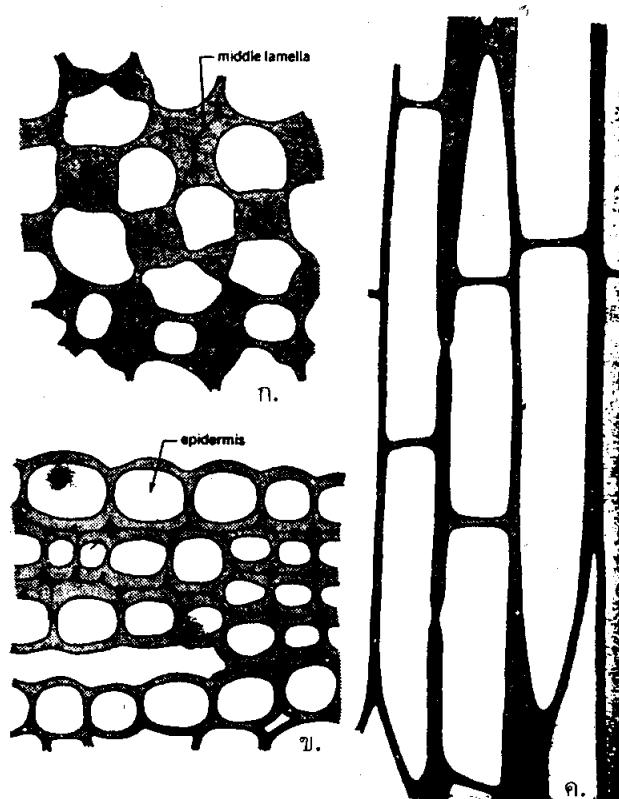
เซลล์พารេนไคมาบางชนิดทำหน้าที่สะสมพวง ergastic substances เช่น สะสมแป้ง (Amyloplasts) พบในส่วนของเมล็ดและอวัยวะที่อยู่ใต้ดิน เมล็ดพืชบางชนิดสะสมพวงโปรตีน หรือไขมันในลักษณะเป็นก้อนแข็ง เช่น ในเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่สะสมอาหารของต้นอ่อน ในดอก และผลมักมีการสะสมพวงโครโนพลาสต์ หรือสะสมแอนโถไซแอนิน และแทนนินในแคววิโอล ของเซลล์พารេนไคมา นอกจากนี้พับมีการสะสมผลึกอีกหลายชนิด

พารេนไคมาปกติเป็นเซลล์ที่มีผนังบาง เป็น primary wall นอกจากเนื้อบางอย่างที่มีผนังหนาพบมี plasmodesmata (A fine protoplasmic thread passing through the wall which separates two protoplasts) อยู่เสมอ

เซลล์พารេนไคมาอาจเปลี่ยนไปทำหน้าที่เป็นเซลล์เจริญ คือ สามารถแบ่งตัวเพื่อสร้างเซลล์เพิ่มขึ้น เช่น สร้างเซลล์ปิดปากแผล หรือสร้างอวัยวะใหม่ขึ้นแทนที่อวัยวะที่หายไป (Regeneration) สร้างแขนงของรากและต้น แม้แต่ในการต่อ กิ่ง กิ่งจากเซลล์พารេนไคมา ทำหน้าที่ของเซลล์เจริญ

2. คอเลนไคมา (Collenchyma) เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์หนา ทำหน้าที่เป็นเนื้อเยื่อที่รองรับและให้ความแข็งแรงกับต้นพืช มีความใกล้เคียงกับพารេนไคมา คือ เนื้อบางทั้งสองชนิด มี protoplasm ที่สามารถทำหน้าที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญ มีผนังเซลล์ชนิด primary wall ความ

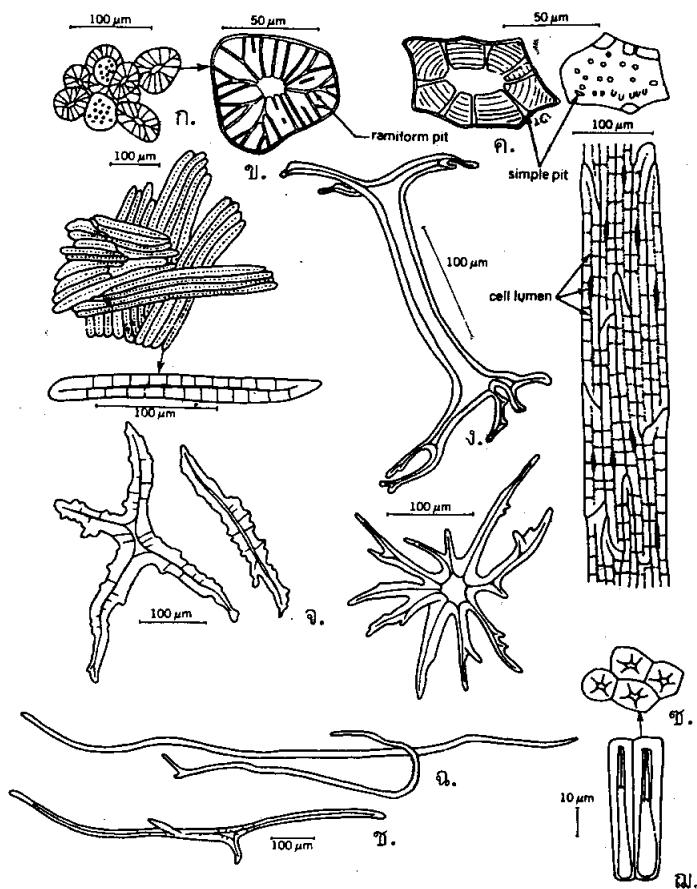
แตกต่างกันของเนื้อเยื่อทั้งสองอยู่ตรงความหนาของผนังเซลล์ คือ พาราโนไมามีผนังเซลล์ค่อนข้างบาง ส่วนคอลเลนไคมาจะมีผนังเซลล์หนาเป็นบางส่วน เนื่องจากคอลเลนไคมาจะมีการปรับตัวให้เข้ากับหน้าที่พยุงต้นพืชหลายทาง เช่น มีเซลล์เล็กยาว และมีผนังเซลล์หนาไม่เท่ากัน (รูปที่ 7-7 ก.-ค.) จึงมีชื่อเรียกเฉพาะไปอีก เช่น หนาตามมุ Mizouchi เรียก **angular collenchyma** หนาด้านข้างเรียก **lamellar collenchyma** และหนาตามซึ่งว่างระหว่างเซลล์เรียก **lacunar collenchyma** ความหนาที่ไม่เท่ากัน เป็นการเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับเซลล์ นอกจากนี้ เซลล์ยังอยู่กันค่อนข้างชิด ทั้งนี้ลักษณะดังที่กล่าวมาแล้วเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ต้นพืช มักพบตามด้านข้างของต้น ใน โดยเฉพาะมักพบได้ชั้น epidermis (รูปที่ 7-2) หรือถัดลงมา 2-3 ชั้น และพบมากในก้านใบ คอลเลนไคมาจะทำหน้าที่เมื่อเซลล์บั้งเมื่อต้องรับแรง ยกเว้นบางเซลล์ ที่ติดกันจะทำหน้าที่พนมมากในต้นไม้ล้มลุก และในพวงไม้ยืนต้นที่ยังไม่มี secondary growth ในรากไม่ค่อยพบ



รูปที่ 7-7 แสดงคอลเลนไคมาชนิดต่าง ๆ ก. และ ค. **angular collenchyma** ของ *Salvia* ทั้งตามขาว (ก)
และตามยาว (ค) ข. **Lamellar collenchyma** ของ *Astrantia* ตัดตามขาว

3. สเกลอเรนไคมา (Scherenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ต้นพืช เป็นเซลล์ที่มี secondary wall สเกลอเรนไคมาแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สเกลอริด (Sclereids) หรือ stone cells และไฟเบอร์ (Fibers) ซึ่งเซลล์ทั้งสองชนิดยังแยกออกจากกันไม่ได้เด็ดขาด แต่โดยทั่วไปไฟเบอร์จัดเป็นเซลล์ที่ยาวมาก ในขณะที่สเกลอริดมีรูปร่างหลายแบบ ตั้งแต่รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า ไปจนถึงเซลล์ที่ยืดยาวหน่อย สเกลอริดบางชนิดอาจมีลักษณะคล้ายกันไม่เซลล์พากสเกลอเรนไคมาอาจจะมีหรือไม่มี protoplasm เมื่อแก่ ซึ่งทำให้ยากที่จะแยกออก จากเซลล์พากสเกลอเรนไคมาที่มีผนังหนา (Sclerified parenchyma)

สเกลอริด เป็นเซลล์ที่พบทั่วไปในต้นพืช มีรูปร่างหลายแบบ มีผนังเซลล์หนาเพราะมีลักษณะของการทำให้เกิด simple pits จำนวนมาก แบ่งเป็นหลายชนิดตามรูปร่างที่ปรากฏ (รูปที่ 7-8 ก-ณ.) คือ



รูปที่ 7-8 แสดงสเกลอริดชนิดต่างๆ ก.—ค. brachysclereids จ.—ฉ. osteosclereids ญ.—ณ. astroscleireids
ฉ.—ช. filiform sclereids และ ฉ.—ญ. macrosclereids.

brachysclereids หรือสเกลอรีด มีรูปร่างหลายเหลี่ยมด้านเท่า หรืออาจจะยาวหน่อย
(รูปที่ 7-8 ก.-ค.)

macroscleids รูปร่างเป็นแท่งยาว (รูปที่ 7-8 ซ.-ณ.)

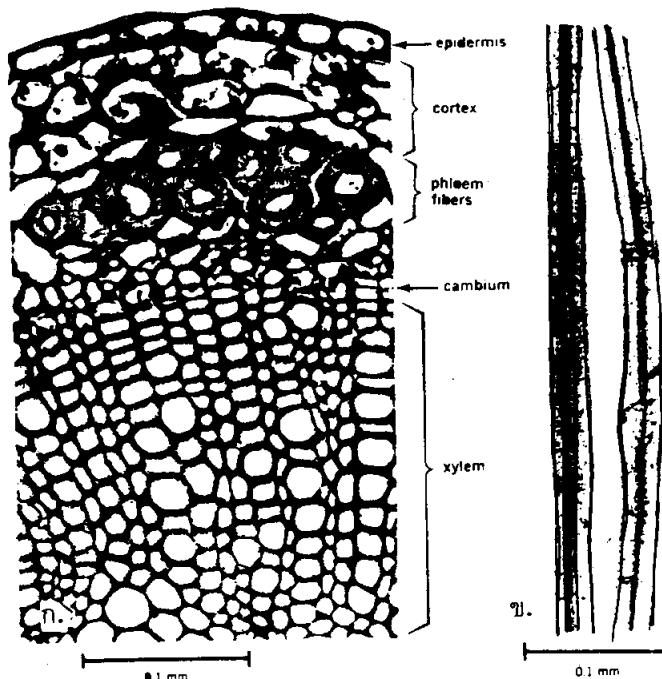
osteosclereids รูปกระดูก คือ เป็นแท่ง แต่ปลายพองออก บางที่พบตรงปลายแตกกิ่ง
(รูปที่ 7-8 จ.)

astroscleids รูปดาว มีลักษณะเป็นแฉก ๆ มีแขนยื่นออกไปคล้ายร่มมีของดาว
(รูปที่ 7-8 จ.)

trichosclereids มีลักษณะคล้ายขน ยื่นข้าไปในช่องระหว่างเซลล์โดยทั่วไปรูปร่างจะคล้าย astroscleids

filiform sclereids มีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ บางที่แตกออกเป็นกิ่ง (รูปที่ 7-8 ฉ.-ช.)

ปกติจะพบสเกลอรีดเกิดอยู่เป็นกลุ่ม แต่อาจพบแยกอยู่เดียว ๆ ระหว่างเซลล์ชนิดอื่น เช่น ในกลุ่มเซลล์ Idioblasts (Esau, 1977) พบรอยทั่ว ๆ ไปทั้งในชั้นเนื้อเยื่อผิว เนื้อเยื่อพื้น และเนื้อเยื่อขันส่ง ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ต้นพืช พบรตามส่วนแข็ง ๆ ของต้นพืช โดยเฉพาะเปลือกของเมล็ด และเปลือกที่หุ้มกระลามมะพร้าว



รูปที่ 7-9 แสดงตำแหน่งและรูปร่างของไฟเบอร์ของต้นป่าน (Lilium usitatisimum) ตัดตามขวาง (ก)
และแยกเซลล์ออกมา (ข)

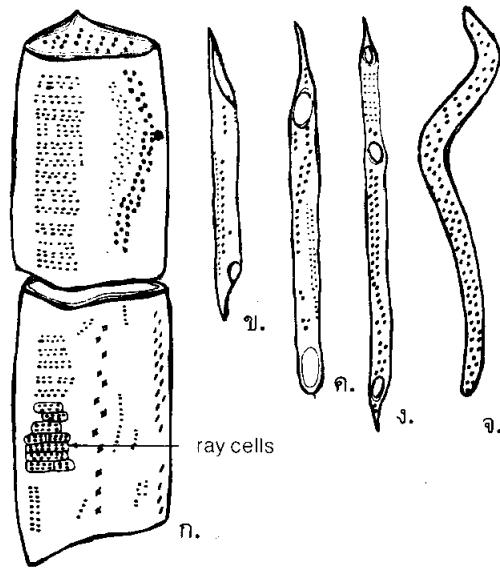
ไฟเบอร์ เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ และมี secondary wall หนา มักเกิดเรียงเป็นแนว ให้ความแข็งแรงแต่ยืดหยุ่น มีความยาวต่าง ๆ กันขึ้นกับชนิดของพืช เช่น ในเปลือกของ hemp ยาว 5–5.5 mm. ของ flax ยาว 7–9 mm. ramie ยาว 50–250 mm. และในใบของ abaca ยาว 2–12 mm. ในของ hemp 2–15 mm. เป็นต้น ไฟเบอร์มักถูกเรียกว่า เส้นใย เพราะส่วนใหญ่จะยาวมาก ลักษณะเป็นเซลล์ที่ยาว แคบ ปลายเรียวแหลม ซึ่งว่างภายในเซลล์ (Lumen) เกือบไม่มี เมื่อตัดดูตามขวางอาจเห็นมีรูปร่างกลมหรือเป็นเหลี่ยม (รูปที่ 7–9 ก.) ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับต้นพืช เป็นโครงร่างของต้นพืช ติดต่อกับเซลล์ข้างเคียงด้วย simple pits

4. เนื้อยื่อขนส่ง (Vascular Tissues หรือ conducting tissues)

กระบวนการลำเลียงน้ำ อาหาร และวัตถุอื่น ๆ ไปทั่วต้นพืช จัดเป็นลักษณะของพืช บนบกส่วนใหญ่ กลุ่มเซลล์ที่ประกอบเป็นเนื้อยื่อที่ทำหน้าที่ขนส่งมักจะมีรูปร่างเป็นท่อยาว และเรียบตัวในแนวที่สอดคล้องต่อการขนส่ง คือ ขนานกับแกนของต้นพืช ประกอบด้วยเนื้อยื่อ 2 ชนิด คือ Xylem (ไซเลม) และ Phloem (โฟลิเอม)

1. ไซเลม เป็นเนื้อยื่อที่พบมากที่สุดในกลุ่มนี้อยู่ที่ทำหน้าที่ขนส่ง จะพบเรียบตัวต่อ กัน ตั้งแต่ปลายรากขึ้นมาบังลำต้น และแยกไปยังใบ ประกอบด้วยเซลล์หล่ายชนิด เซลล์บางชนิด ทำงานเมื่อยังมีชีวิตอยู่ แต่บางชนิดเซลล์ตายก่อนที่จะเริ่มทำหน้าที่ เซลล์ที่สำคัญที่สุด ได้แก่ tracheids และ vessel เซลล์ทั้งสองชนิดทำหน้าที่ลำเลียงน้ำตลอดเวลาที่พืชมีการเจริญเติบโต มี secondary wall ที่หนาจนสามารถช่วยไม่ให้เซลล์แตกในขณะที่พืชเสียน้ำจากการรายหัก เซลล์ที่เกิดใหม่จากการแบ่งตัวของเยื่อเจริญที่ปลายยอดหรือแคนเปียมจะยังมีชีวิตอยู่ เมื่อโตเต็มที่ไซโทพลาซึมและนิวเคลียสจะหายไป เหลือแต่ผังเซลล์หนา ๆ เป็นผลให้เกิดเป็นเซลล์กลวง ยาว (รูปที่ 7–10 ข.) ที่อยู่เดียว ๆ เรียก vessel cells หรือออยู่ต่อกันโดยปลายเชื่อมต่อกันเป็นแท่ง (รูปที่ 7–10 ก.) เรียก vessel ทำให้เหมาะสมต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ เซลล์ที่มาต่อกันนั้น เมื่ออายุมากขึ้นผังที่กันระหว่างเซลล์มักจะแตก落อยู่กันไป ไซโทพลาซึมและนิวเคลียสก็หายไป ด้วย จึงจัดเป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิต และทำให้เกิดเป็นห้อยาวที่น้ำจะเคลื่อนที่ได้สะดวกขึ้น

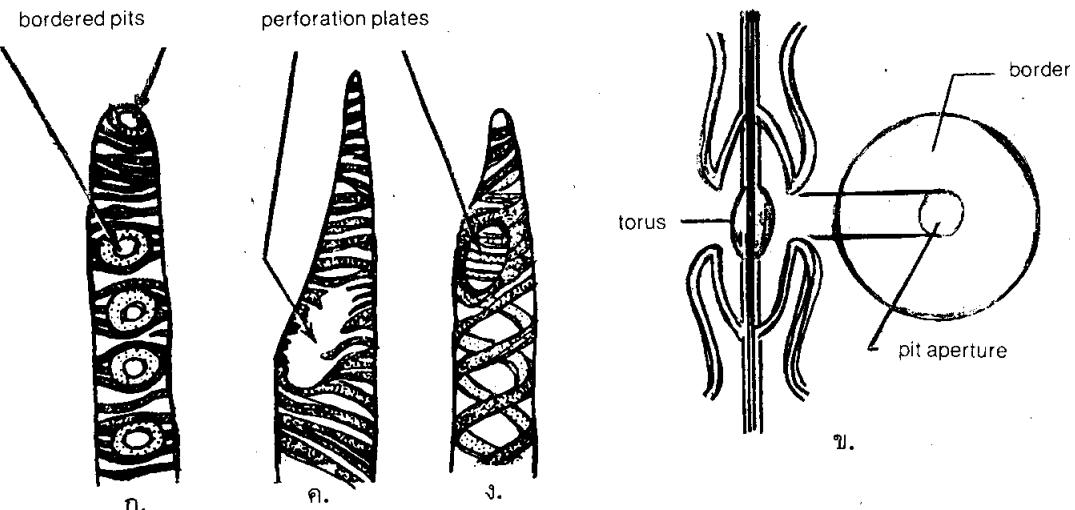
ในระหว่างการเจริญเติบโตของเซลล์พวก tracheids และ vessels จะมี secondary wall เกิดขึ้น โดยมีลักษณะมาพอก การพอกของลิกนินนั้นมักจะพอกไม่ตลอด มีการเว้นเป็นช่องที่กล้ายเป็นทางผ่านของน้ำระหว่างเซลล์ข้างเคียง ซึ่งว่างที่เกิดขึ้นใน secondary wall นี้เรียก Pits pits ที่เกิดอยู่ในเซลล์ที่ติดกันมักจะอยู่ตรงกันโดยมีเยื่อบาง ๆ กัน เยื่อที่กันก็คือ primary



รูปที่ 7-10 แสดงชนิดของเซลล์ที่พบในไชเดมของพวงต้นก่อ (*Quercus*) ก.-๕. vessel members และ ๖. tracheid

wall ที่อาจมีสารบางชนิดมาพอกบ้าง แต่อย่างไรก็ตาม เยื่อที่กันน้ำยอมให้น้ำผ่านได้ pit บางชนิดจะมีขอบกลม ๆ นูน ๆ ล้อม (รูปที่ 7-11 ก.) การที่ pit มีขอบยกขึ้นมาและมาอยู่ตรงกันเป็นคู่ ๆ ในเซลล์ที่ติดกันจัดเป็นการปรับตัวเพื่อเพิ่มพื้นที่ของ pit แทนที่จะต้องขยายขนาดของ pit โดยการเพิ่มความกว้าง pit ชนิดนี้เรียก **Bordered pits** การพอกของลิกนินที่ทำให้เกิด secondary wall นั้นพบมีหลายแบบ (รูปที่ 7-11 ค.-ง.) เช่น พอกเป็นรูปวงแหวน รูปบันไดเวียน หรือเว้นช่องว่างเป็นรูเล็ก ๆ หรือยาวหน่อย ทำให้ vessel มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลำดับ คือ Annular vessel, Spiral vessel, Pitted vessel และ Scalariform pitted vessel
เนื่องจากเยื่อที่กันระหว่าง pit ค่อนข้างบางในพืชพากสน จึงมักมีส่วนหนาเกิดขึ้นที่เยื่อนี้ เรียกว่า **Torus** (รูปที่ 7-11 ข.) Torus จะทำหน้าที่คล้ายเป็นประตูกันระหว่างเซลล์ เมื่อความดันของเซลล์หนึ่งสูงมากกว่าอีกเซลล์หนึ่ง torus จะถูกดันมายังขอบของ pit อีกด้านหนึ่ง เป็นการปิดปาก pit กันไม่ให้น้ำไหลออกจากเซลล์ที่มีแรงดันสูง

ลักษณะทั่ว ๆ ไปของ tracheid มักเป็นเซลล์ยาว ปลายแหลม จึงไม่เห็นปลายเซลล์ชัดเจน (รูปที่ 7-10 จ.) มักพบอยู่เดียว ๆ เสื่อเจริญเติมที่เซลล์จะตาย ซ่องว่างตรงกลางเปลี่ยนเป็น lumen มี bordered pit ทางด้าน radial wall ที่เป็นทางติดต่อกับเซลล์ข้างเคียง หน้าที่สำคัญนอกจากหน้าที่ขับส่งผ่าน bordered pit แล้ว ยังทำหน้าที่ค้าจุนส่วนต้นพืช เพราะเป็นเซลล์ที่แข็งแรง



รูปที่ 7-11 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของเซลล์ในไชเลม ก. bordered pit ในเซลล์พาก tracheid ของไม้สัน ข. torus และ ค.—ง. ส่วนปลายเซลล์ของ vessel members

Vessel members เป็นเซลล์ที่มีลักษณะอาจจะสั้นกว้าง (รูปที่ 7-10 ก.) หรือยาวแคบ (รูปที่ 7-10 ข.-ง.) ผนังด้านข้างและปลายเซลล์จะมีรูพรุน รวมทั้ง pit ก็เป็นรูด้วย เพราะเยื่อกัน pit สามารถยืดตัวได้มากกว่าใน tracheid เพราะไม่มีเครื่องกีดขวาง เซลล์ที่มาประกอบเป็น vessel อาจพบปลายเซลล์ที่ต่อ กันขาดออก เห็นเป็นท่อกลวง อาจยาวติดต่อกันถึง 10 พุ่ต

นอกจากนี้ก็พบเซลล์พาราเรน คือ ที่จัดเป็นเซลล์ที่มีชีวิตที่กระจายอยู่ระหว่างเซลล์พาก tracheids และ vessel อาจพบอยู่ร่วมกันโดยเรียกว่า nodules ในแนวรากมี ทำหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ตามด้านข้างของสารต่าง ๆ ผ่านไชเลมไปยังเซลล์ที่สะสมพวกรcarbons ไปได้

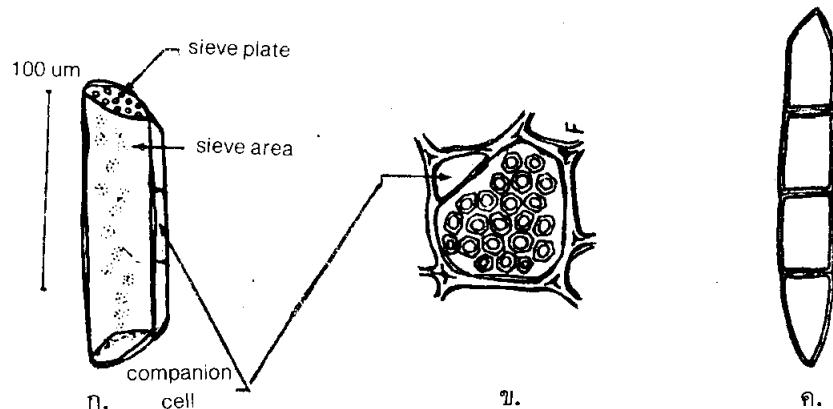
เซลล์ชนิดสุดท้ายในไชเลม คือ ไฟเบอร์ ไฟเบอร์ช่วยทำให้ไชเลมมีความแข็งแรง โดยเฉพาะพืชพากที่มีไชเลมกินบริเวณกว้าง และมี vessels ที่ผนังค่อนข้างบาง เซลล์ไฟเบอร์อาจจะมีไซโทพลาซึมและนิวเคลียสอยู่ พากนี้มักทำหน้าที่สะสมแบ่งและอาหารอื่น ๆ

2. โฟลเอ้ม เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากส่วนของพืชที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง เช่น ใบไปยังส่วนอื่น ๆ ของลำต้น ประกอบด้วยเซลล์เรียงติดต่อกันเช่นเดียวกับในไชเลม จากรากขึ้นไปถึงต้นและใบ ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด รวมทั้งไฟเบอร์และพาราเรน คือ เซลล์ที่ทำหน้าที่สำคัญในการขนส่ง ได้แก่ sieve cells และ sieve-tube เซลล์เหล่านี้จะมีรูเล็ก ๆ อยู่เป็นกลุ่มที่ปลายเซลล์ ซึ่งมองจากปลายบนของเซลล์เห็นคล้ายกับ plasmodesmata แต่รูใหญ่กว่า เรียก sieve plate หรือ porforated plate

Sieve cells เป็นเซลล์เดี่ยวที่มีลักษณะเป็นห้องกลาง ปลายเสี้ยมและปลายมักจะเป็นส่วนรับ sieve-tube ประกอบด้วย sieve-tube members ต่อกันเป็นสายยาว (รูปที่ 7-12 ก.) ทั้ง sieve cells และ sieve-tube members มีลักษณะสำคัญอยู่อย่างหนึ่ง คือ ในระหว่างการเจริญเติบโตของเซลล์ นิวเคลียสจะสลายไป แต่ถึงจะไม่มีนิวเคลียส ไซโทพลาซึมก็ยังคงมีชีวิตอยู่ และเซลล์ยังทำหน้าที่ในการขนส่งสารอาหารอยู่ได้ ซึ่งมีสมมุติฐานว่าไซโทพลาซึมสามารถทำงานได้โดยการควบคุมของนิวเคลียสจากเซลล์ข้างเคียงที่ผลิตสารชนิดหนึ่งมาทำหน้าที่คือ companion cells ที่เป็นเซลล์พาราเรนไคماชนิดหนึ่ง (Adams, 1976) companion cells จะพบอยู่ชิดกับ sieve cells หรือ sieve-tube เสมอ และมีจำนวนเซลล์กับขนาดความยาวของเซลล์ใกล้เคียงกัน แต่เซลล์จะมีขนาดแคบกว่า หรือ 2 เซลล์ต่อ กัน อาจยาวเท่ากับ sieve-tube member (รูปที่ 7-12 ก.-ข.) เซลล์หนึ่ง เนื่องจากเซลล์ทั้งสองชนิดจะมีกำเนิดมาจากเซลล์เดียวกัน พบรูป pit จำนวนมากติดต่อระหว่างเซลล์ทั้ง 2 ชนิด ไม่พบ companion cells ในพืชพากจิมโนสเปริม

ไฟเบอร์ที่พับในโพลเอ็มพบทั้งใน primary phloem และ secondary phloem จึงมีขนาดยาวมาก และมี intrusive growth มักพบ pits แบบชรรมดาที่อาจจะยกขึ้นมาบาง ๆ

เซลล์พาราเรนไคมา มีจำนวนต่างกันขึ้นกับชนิดของพืช ทำหน้าที่สะสมอาหาร เช่น แบ้งไขมัน และสารอินทรีย์อื่น ๆ รวมทั้งสะสมสารพากแทนนิกับเรซินด้วย เซลล์พาราเรนไคมา อาจมีการเรียงตัวอยู่ในแนวยืน เรียก phloem parenchyma และเรียงตัวในแนวอนเรียก phloem rays พบรูปเล็ก ๆ จำนวนมากในผนังเซลล์ที่เรียกว่า primary pit fields



รูปที่ 7-12 แสดงเซลล์ชนิดต่าง ๆ ในโพลเอ็มของต้น *Robinia pseudocacia* ก.-ข. Sieve cell และ companion cells และ ก. Sieve tube

เนื้อเยื่อสัตว์ (Animal Tissue)

ในสัตว์หลายเซลล์ เราจำแนกชนิดของเนื้อเยื่อออกรูปแบบ ๆ ดังนี้

1. เนื้อเยื่อบุผิว (Epithelial tissue)
2. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue)
3. กล้ามเนื้อ (Muscular tissue)
4. เนื้อเยื่อประสาท (Nervous tissue)

1. เนื้อเยื่อบุผิว (Epithelial tissue)

เนื้อเยื่อบุผิว คือ เนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงต่อกันเป็นชั้นหรือแผ่น ทำหน้าที่บุ เป็นผิวภายนอกร่างกาย หรือบุเป็นผิวของอวัยวะ หรือบุช่องว่างภายในร่างกาย ลักษณะเฉพาะ ของเนื้อเยื่อบุผิว คือ เซลล์ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ชนิดเดียวกัน และเซลล์เหล่านี้เรียงตัวอยู่บนเยื่อ รองรับฐาน (basement membrane) ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นสารโปรตีน ผนังด้านบนของเยื่อบุผิว เป็นอิสระไม่ติดต่อกับเซลล์อื่น ซึ่งจะเป็นส่วนที่อยู่ชิดกับช่องว่างของอวัยวะหรือเป็นผิวส่วนนอก ของร่างกาย เนื้อเยื่อบุผิวไม่ปราศภูมิเส้นเลือด การได้รับอาหารของเซลล์ในชั้นต่าง ๆ เกิด จากการแพร่ (diffusion) จากเส้นเลือดที่อยู่ในชั้นล่าง ๆ ของกลุ่มเซลล์เหล่านี้

หน้าที่ของเนื้อเยื่อบุผิว

1. ป้องกันอันตรายให้กับเซลล์ เนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่อยู่ชั้นล่าง ๆ ลงไป การป้องกัน อันตรายนี้บางครั้งอาจต้องมีส่วนที่สึกหรอไป เช่น ขี้ไคล แต่ก็มีเซลล์ใหม่เกิดขึ้นจากด้านล่าง เข้ามาแทนที่

2. ลำเลียงสาร โดยพัดโบกให้สารบางอย่างผ่านไปได้อย่างรวดเร็วและสะดวก เช่น การพัดโบกของขนของเนื้อเยื่อชนิด ciliated columnar ที่ส่วนผิวของท่อนำไข่ (oviduct)

3. ขับสารที่ร่างกายไม่ต้องการออกนอกร่างกาย เช่น เหงื่อ เนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ขับถ่าย อาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปบ้าง

4. สร้างสาร เนื้อเยื่อบุผิวที่ทำหน้าที่สร้างสารนี้ จะมีการเปลี่ยนรูปร่าง เช่น อาจเป็น ต่อมเม็ดห่อ (exocrine gland) หรือต่อมไร้ห่อ (endocrine gland) สารที่สร้างอาจจะใช้ประโยชน์ เกี่ยวกับการดูดซึมอาหาร ย่อยอาหาร หล่อลื่น หรือกระตุ้นการเจริญเติบโต เป็นต้น

5. ดูดซึมสาร เนื้อเยื่อบุผิวพวกนี้พบในส่วนที่มีการดูดซึมสารที่จำเป็นสำหรับร่างกาย

เช่น บริเวณที่มีการดูดซึมของผิวส่วนกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก หรือบริเวณผิวท่อไตที่ดูดซึมสารโซเดียมและโพแทสเซียมคืนจากบ๊อกสาวะ เป็นต้น

6. รับความรู้สึก เช่น เนื้อเยื่อบุผิวภายนอกร่างกายรับสัมผัส และเนื้อเยื่อบุผิวภายนในช่องจมูก ทำหน้าที่เกี่ยวกับดมกลิ่น เป็นต้น

ชนิดของเนื้อเยื่อบุผิว

เยื่อบุผิวมีมากหลายชนิด จึงมีหลายวิธีที่ใช้จำแนกชนิดของเยื่อบุผิว โดยที่จำแนกออกตามรูปร่างของเซลล์ การจัดระเบียบของเซลล์ และหน้าที่ของเนื้อเยื่อ ในที่นี้จะจำแนกโดยอาศัยรูปร่างและการจัดระเบียบของเซลล์ซึ่งคือ

1. เรียงตัวชั้นเดียว (Simple epithelium)
2. เรียงตัวชั้นกันหลายชั้น (Stratified epithelium)
3. เรียงตัวชั้นหลายชั้นเทียม (Pseudostratified epithelium)
4. เรียงตัวชั้นกันหลายชั้นยึดหยุ่น (Transitional epithelium)

1. เรียงตัวชั้นเดียว (Simple epithelium)

ก. Simple Squamous epithelium เป็นเยื่อบุผิวทึบประกอบด้วยเซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยมแบนและบางมาก นิวเคลียสใหญ่เห็นได้ชัดเจน พบรได้ที่เยื่อบุผิวข้างแก้ม เป็นต้น

ข. Simple cuboidal epithelium เนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์รูปเหลี่ยมลูกบาศก์ นิวเคลียสใหญ่ ลักษณะกลม อุญ่ากลางเซลล์ พบรเนื้อเยื่อชนิดนี้บุตามท่อของต่อม ท่อหลอดไ泰และท่อน้ำดี เป็นต้น

ค. Simple columnar epithelium เนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ทรงสูง นิวเคลียสรูปไข่อยู่ค่อนมาทางล่างของฐาน พบรเนื้อเยื่อชนิดนี้ได้ที่ลำไส้เล็ก กระเพาะบ๊อกสาวะ และท่อรังไข่ เป็นต้น สำหรับที่ท่อรังไข่จะเป็นชนิดที่มีขน (cilia) อยู่ที่ผิวส่วนบนด้วย เรียกชนิดนี้ว่า simple ciliated columnar epithelium

2. เรียงตัวหลายชั้น (Stratified epithelium) เนื้อเยื่อที่มีลักษณะเป็นแบบเดียวกับเซลล์ชนิด simple epithelium ต่างกันตรงที่เนื้อเยื่อชนิด stratified มีหลายชั้น

ก. Stratified squamous epithelium พบที่ผิวหนัง หลอดอาหาร เยื่อบุรูขูด เป็นต้น

ข. Stratified cuboidal epithelium พบที่ต่อมเหงื่อและต่อมน้ำมันที่ผิวหนัง เป็นต้น

ค. Stratified columnar epithelium พบที่อวัยวะรับกลิ่น นางส่วนของเยื่อบุคอหอย