บทที่ 5
ระบบราก

บทที่ 6
ระบบราก
(Root System)

ระบบรากของต้นไม้ มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต ทรงพุ่ม และผลผลิตของพืช ถ้าระบบรากของต้นไม้เจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ แข็งแรง ย่อมส่งผลให้ ระบบของลำต้น และใบดีตามไปด้วย การศึกษาระบบรากของพืชชนิดต่างๆ ทำให้สามารถเข้าใจ กลไกการทำงานของรากพืชชนิดนั้นๆ ช่วยให้การทำศัลยกรรมต้นไม้ และการขุดล้อมต้นไม้ยืนต้นเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม้ที่ขุดล้อมมีโอกาสที่จะเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง หรือชะงักการเจริญ เติบโตน้อยที่สุด ทำให้เปอร์เซ็นต์การอยู่รอด (survival) ของต้นไม้ที่ขุดล้อมสูงตามไปด้วย

การศึกษาระบบรากของพืช ยังนำไปใช้ในการดูแลรักษาต้นไม้ ที่ปลูกหรือขึ้นอยู่ในสภาพแวดล้อมของรากที่แตกต่างกัน เช่น รากเจริญเติบโตในสภาพของดินชนิดต่าง ๆ (root media) ในสภาพขอบเขตที่จำกัดการเจริญเติบโตของราก (root environment) และในสภาพที่รากเจริญอยู่ในภาชนะปลูก (root container) เป็นต้น

ระบบของราก

ระบบรากของพืชโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบรากแก้ว (tap root system)
2. ระบบรากฝอย (fibrous root system)

ชนิดของราก

แบ่งรากออกเป็น 3 ชนิด

1. **รากปฐมภูมิ** (primary root)
2. **รากทุติยภูมิ** (secondary root)
3. **รากพิเศษ** (adventitious root)

หน้าที่ของราก

หน้าที่ที่สำคัญได้แก่

1. ยึดลำต้น

2. ช่วยดูด และลำเลียงน้ำ เกลือแร่จากพื้นดินไปยังส่วนต่างๆของลำต้นและใบ

3. ทำหน้าที่อื่นๆ เช่น เก็บสะสมอาหาร หายใจ สังเคราะห์แสง โดยรากเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเพื่อให้เหมาะกับหน้าที่พิเศษ

โครงสร้างของราก

ลักษณะของรากที่แตกต่างไปจากลำต้นมีดังนี้

1. ไม่มี ตา ใบ หรือดอก

2. มีหมวกราก (root cap) ที่ปลายสุดของราก

3. รากทุติยภูมิ หรือ lateral root

4. เหนือปลายรากขึ้นมาเล็กน้อยจะมี ขนราก (root hair)

5. ไม่มีคลอโรฟิลล์

6. มีอาณาเขตสำหรับการเจริญเติบโตอยู่ใกล้ปลายราก

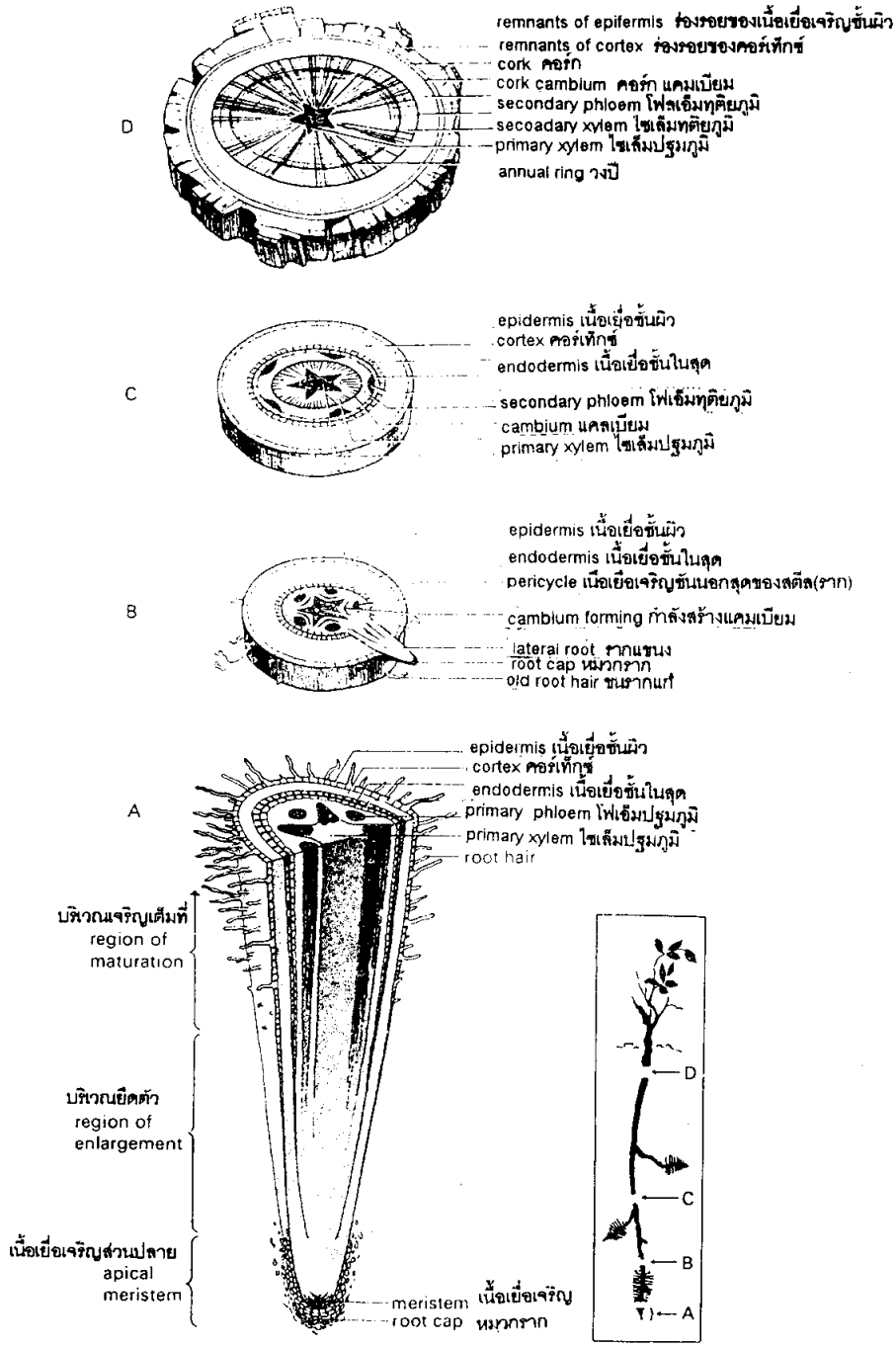
7. ทิศทางของการเจริญเติบโตเป็นแบบ positive geotropism

8. ในการเจริญเติบโตระยะโครงสร้างปฐมภูมิ จะมี xylem และ phloem โดย phloem จะอยู่ระหว่างแฉก ของ xylem (อักษร ศรีเปล่ง ,2521)

เขตต่าง ๆ ของราก

รากที่งอกออกมาจากเมล็ดจะเป็นพวกเนื้อเยื่อเจริญทั้งสิ้น ซึ่งจะมีการแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลา ทำให้รากมีขนาดใหญ่และยาวขึ้น เนื้อเยื่อเจริญจะอยู่ที่ปลายราก เซลล์ตอนบน ๆ จะเปลี่ยนแปลง ไปเป็นเนื้อเยื่อถาวรชนิดต่าง ๆ เพื่อกิจกรรมในการดำรงชีวิตอยู่ของพืช ซึ่งแบ่งออกเป็นเขตต่าง ๆ แต่ไม่แบ่งเป็นเขตอย่างเด่นชัด เขตต่าง ๆ นี้มีอยู่ 4 อาณาเขต คือ

1. หมวกราก คือส่วนหรือบริเวณที่มีเนื้อเยื่อทำหน้าที่หุ้มปลายราก รากพืชบางชนิดสามารถมองเห็นหมวกราก ซึ่งมีสีคล้ำกว่าบริเวณอื่น บางชนิดมีหมวกราก ที่พองขยายทำให้ปลายรากหรือบริเวณหมวกราก ดูใหญ่กว่าส่วนอื่น



รูปที่ 5.1 รายละเอียดของเนื้อเยื่อของรากและลำต้น (Janick et.al.,1974)

หน้าที่ของหมวกราก คือ ปกคลุมเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (เนื้อเยื่อเจริญทำหน้าที่สร้างหมวกราก อีกทีหนึ่ง) เมื่อรากเจริญเติบโต และยาวขึ้นหรือแทงลงไปในดิน ก็ทำให้หมวกราก ซึ่งเซลล์เกาะตัวกันอย่างหลวมๆฉีกขาด พบมากในพืชบก

2. บริเวณแบ่งเซลล์ (region of cell division) เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากหมวกรากเข้าไป ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญที่มีเซลล์ขนาดเล็ก ผนังเซลล์บาง ภายในมีโปรโตพลาซึมมาก มีการแบ่งตัวแบบไมโตซีส (mitosis) ตลอดเวลา ทำให้เซลล์เพิ่มมากขึ้น บางส่วนก็กลายเป็นหมวกราก บางส่วนก็กลายเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างยาวขึ้น

3. บริเวณยืดตัว (region of cell elongation) เป็นบริเวณที่อยู่ถัดเข้ามาจากบริเวณแบ่งเซลล์ ประกอบด้วยเซลล์ ที่เกิดจากการแบ่งตัว จากบริเวณแบ่งเซลล์ เซลล์ในบริเวณนี้ มีแวค-คิวโอลใหญ่ ขนาดของเซลล์ใหญ่กว่า เซลล์บริเวณแบ่ง โดยเฉพาะทางความยาว จะยาวอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้รากยาวขึ้น

เซลล์ในบริเวณนี้จะเปลี่ยนไปเป็นเนื้อเยื่อ 3 ชนิด คือ

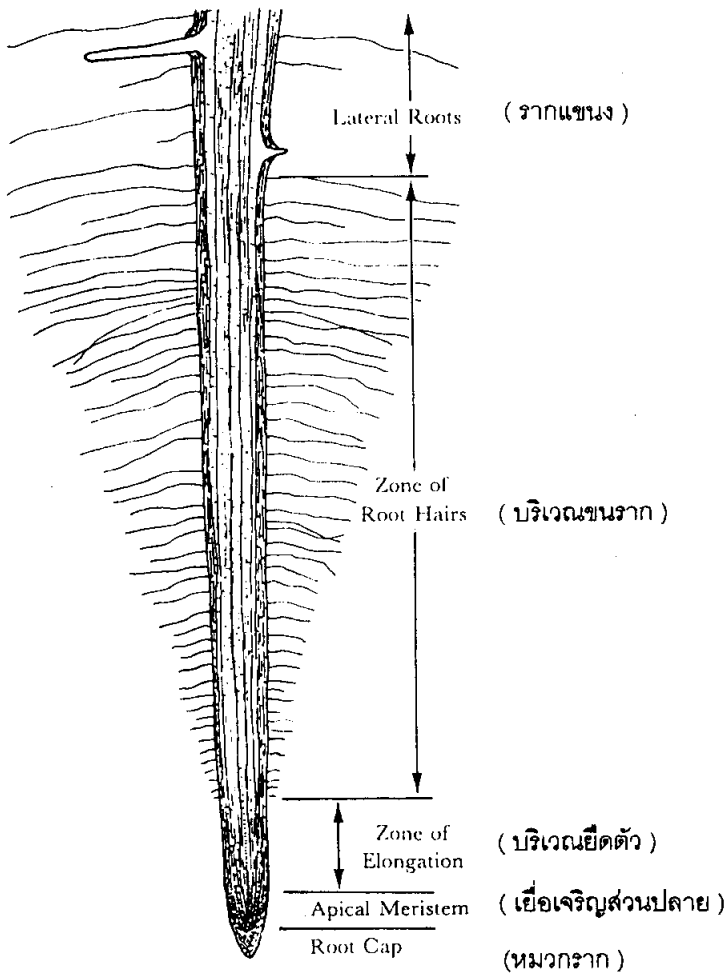
3.1 โปรโตเดิร์ม (protoderm) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดที่ห่อหุ้มเนื้อเยื่ออื่นๆของรากไว้ ซึ่งโปรโตเดิร์มนี้จะเปลี่ยนไปเป็น เนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ต่อไป

3.2 โปรแคมเบียม (procambium) เป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุดที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็น ไพรมารี ไซเลม (primary xylem) แคมเบียม (cambium) และ ไพร์มารี่ โฟล-เอม (primary phloem)

3.3 เนื้อเยื่อเจริญพื้น (ground meristem) ได้แก่เนื้อเยื่อพื้นทั่วไป ที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็น คอร์เทค (cortex) และ พิท (pith)

4. บริเวณเจริญเต็มที่ (region of maturation) อยู่เหนือบริเวณยืดตัวเข้ามา มีเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดคือ เนื้อเยื่อชั้นผิว ถัดเข้ามาเป็น คอร์เทค และ มัดท่อลำเลียง (vascular bundle) ชั้นเนื้อเยื่อชั้นผิวจะค่อนข้างหนา เป็นที่เกิดของขนราก (root hair) ซึ่งทำหน้าที่ดูดน้ำและเกลือแร่ เพราะมี แวคคิวโอลขนาดใหญ่

การเจริญเติบโตของขนราก เกิดจากผนังของเนื้อเยื่อชั้นผิว จะยื่นยาวออกไปโดยไม่มีผนังกั้น ปกติจะยื่นยาวตั้งฉากกับเซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิว ดังนั้นเซลล์ของขนราก และเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว จึงเป็นเซลล์เดียวกัน ขนรากมีอายุค่อนข้างสั้น 2-3 วัน หรือ 7 วัน ก็ตาย โดยทั่วไปรากพืชทุกชนิดมีขนราก ยกเว้นรากของพืชน้ำมักจะไม่มี ขนราก



รูปที่ 5.2 เขตการเจริญเติบโตของรากพืช (Bernatzky ,1978)

การเกิดรากเริ่มแรกเกิดมาจากส่วนที่เรียกว่า แรดิเคิล (radicle) พัฒนาไปเป็นราก ปฐมภูมิ ซึ่งจะค่อยๆเรียวไปจนถึงปลายราก ส่วนนี้มักเรียกว่า รากแก้ว (tap root) ซึ่งเจริญหยั่งลงสู่พื้นดิน ที่ด้านข้างของรากแก้ว เป็นที่เกิดของรากทุติยภูมิ ซึ่งเจริญขนานไปกับพื้นดิน รากชนิดนี้สามารถแตกแขนงได้อีกมากมาย

โครงสร้างภายในของราก

โครงสร้างภายในของราก ประกอบด้วยระยะการเจริญเติบโต 2 ระยะ คือ การเจริญเติบโตขั้นแรก และการเจริญเติบโตขั้นที่สอง ที่พบในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่การเจริญเติบโตของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีเพียงการเจริญเติบโตขั้นแรกเท่านั้น

ถ้านำรากพืชใบเลี้ยงคู่มาตัดตามขวาง (cross section) แล้วศึกษาด้วยกล้องจุลทัศน์ จะเห็นว่ารากประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 3 อาณาเขต คือ เนื้อเยื่อชั้นผิว cortex และ stele (บริเวณของเนื้อเยื่อ procambium ที่เจริญเป็น cortex และระบบท่อน้ำ ท่ออาหาร) มีรายละเอียดดังนี้ (อักษร ศรีเปล่ง ,2521)

- **เนื้อเยื่อชั้นผิว** เป็นเซลล์แถวเดียว (รากพืชบางชนิดมีหลายชั้น รวมเรียกว่า เนื้อเยื่อชั้นผิวซ้อน หรือ multiple epidermis เช่นรากของกล้วยไม้ อาจจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า velamen) ที่อยู่ชั้นนอกสุดของราก มีคิวติน (cutin) เคลือบอยู่ที่ผนังชั้นนอกสุดของเซลล์ เนื้อเยื่อชั้นผิว มีหน้าที่ป้องกันเนื้อเยื่อภายใน

- **cortex** เป็นอาณาเขตที่อยู่ถัดจากเนื้อเยื่อผิว เข้าไปข้างในจนถึง endodermis ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุดของ cortex ซึ่งเป็นเซลล์แถวเดียวมีผนังด้านข้างหนา เรียกว่า casparian strip แต่เซลล์ด้านยาวที่อยู่ใกล้ xylem จะบาง เรียกเซลล์บริเวณนี้ว่า passage cell เป็นเซลล์ที่ช่วยให้น้ำและเกลือแร่ผ่าน endodermis เข้าสู่ xylem ได้สะดวก endodermis อยู่ชั้นในสุดของ cortex ติดต่อกับอาณาบริเวณของชั้น stele

อาณาเขตของ cortex ในรากจะกว้างกว่าในลำต้น เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญพื้น เป็นเนื้อเยื่อ parenchyma แทบทั้งสิ้น cortex ขณะที่ยังอ่อนอยู่จะทำหน้าที่รับน้ำจากขนราก ดูดซึมผ่านไปยัง xylem ส่วน cortex ที่แก่แล้ว จะทำหน้าที่สะสมอาหารพวกแป้งในรูปของเม็ดแป้ง

● **stele** เป็นอาณาเขตภายในราก ที่อยู่ถัดจากเนื้อเยื่อชั้นผิวเข้าไปทั้งหมด เปลี่ยนแปลงมาจาก procambium ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลายชนิด ดังนี้

1. pericycle เป็นเนื้อเยื่อพวก parenchyma เรียงเป็นวง หนึ่งชั้น หรือ สองชั้น จัดเป็นชั้นนอกสุดของ stele เนื้อเยื่อชั้นนี้จะเปลี่ยนตัวเองเป็นเนื้อเยื่อเจริญ ทำการแบ่งตัวให้กำเนิดรากทุติยภูมิได้

2. vascular tissue ประกอบด้วย primary xylem เรียงตัวเป็นแฉก โค้ง หรือรูปดาวอยู่ตรงกลางรากโดยไม่มีเนื้อเยื่ออื่น แฉกของ xylem รากของพืชแต่ละชนิด จะมีลักษณะแตกต่างกัน อาจจะมีชื่อเรียกเป็น di arch , tri arch , tetra arch หรือ poly arch เป็นต้น

primary xylem ประกอบด้วย xylem สองชนิด คือ protoxylem เป็น xylem ที่เกิดก่อนอยู่ด้านนอก และ metaxylem เป็น xylem ที่เกิดทีหลังอยู่ด้านใน ต่างกับ xylem ในลำต้นที่เจริญมาจากด้านในออกมาสู่ด้านนอก (endarch) แต่การเจริญของราก เจริญจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน (exarch)ระหว่างแฉกของ xylem จะมี primary phloem อยู่สลับกับแฉกของ xylem

primary phloem ประกอบด้วย protophloem และ metaphloem เช่นเดียวกับ xylem แต่แยกกันไม่เด่นชัด ในรากพืชใบเลี้ยงคู่จะมี cambium หนึ่งชั้น เรียงตัวไปตามผิวของ primary xylem และอยู่ใต้ primary phloem เพื่อแบ่งตัวให้กำเนิดเนื้อเยื่อทุติยภูมิ ซึ่งรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะไม่มี cambium

3. pith ในรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ชั้นในสุดของรากที่ยังอ่อนๆอยู่จะพบ pith ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อ parenchyma ส่วนรากของพืชใบเลี้ยงคู่นั้น pith จะเต็มไปด้วยเนื้อเยื่อ xylem เท่านั้น

<u>การเกิดรากแขนง</u>

รากแขนงเกิดมาจาก pericycle ทำหน้าที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญ แบ่งตัวให้เซลล์ใหม่ ดันออกไปทางเนื้อเยื่อผิว และ cortex การเกิดรากแขนงนี้เกิดจากเซลล์ภายในราก เรียกว่า endogenous branching ในขณะเดียวกัน เซลล์ภายในรากแขนงเกิดการแบ่งตัว เพิ่มจำนวนเซลล์ และเติบโตจนมีเนื้อเยื่อ และโครงสร้างเหมือนกับรากเดิมทุกประการ บริเวณที่เกิดรากแขนงนั้น มักเป็นบริเวณที่มีขนราก (อักษร ศรีเปล่ง , 2521)

ในระยะต่อมา เป็นการเจริญเติบโตของรากขั้นที่สองหรือรากทุติยภูมิ รากจะสร้างเนื้อเยื่อทุติยภูมิ ทำให้รากเพิ่มขนาดขึ้น และมีการสร้าง secondary xylem และ secondary phloem จากเนื้อเยื่อของ cambium ซึ่ง secondary xylem จะเกิดขึ้นมากกว่า secondary phloem และดันส่วน

ของ cambium , secondary phloem และ primary phloem ให้ออกไปทางด้านนอก จึงทำให้รากมีขนาดใหญ่ขึ้น และเกิด ในบริเวณที่มีขนรากขึ้นไป

ในกรณีที่รากมีอายุมากหรือรากแก่ จะไม่พบชั้นของเนื้อเยื่อผิวและ cortex แต่จะมีชั้นที่เรียกว่า periderm (ประกอบด้วยเซลล์ของ cork , cork cambium และ phelloderm รวมกัน) ซึ่งจะดันชั้นของ cortex และเนื้อเยื่อผิวหลุดออกไป ในรากที่มีอายุมาก หรือรากที่แก่จึงไม่ค่อยพบชั้นของเนื้อเยื่อผิว และ cortex การเจริญเติบโตของรากแบบนี้ มักพบในพืชใบเลี้ยงคู่ ส่วนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว พบเป็นบางชนิดเท่านั้น การเกิด secondary xylem ในราก เกิดขึ้นได้ทุกปี สามารถพบวงปีในรากเช่นเดียวกับในลำต้น

รากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ไม่มีการเจริญเติบในขั้นที่สอง คือไม่มีการสร้าง secondary xylem จึงไม่มี cambium ซึ่งเป็นเยื่อเจริญที่ช่วยให้รากเพิ่มขนาดใหญ่ขึ้น ยกเว้นพืชบางชนิด เช่น มะพร้าว และ ปาล์ม ซึ่งรากมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากมีเนื้อเยื่อพิเศษ ที่เรียกว่า cambium - like tissue เกิดขึ้นในชั้น ของ cortex หรือเนื้อเยื่อเจริญพื้น เนื้อเยื่อนี้จะแบ่งตัวเกิดเซลล์ใหม่ แล้วเปลี่ยนแปลงไปเป็นกลุ่มเซลล์ของ xylem และ phloem เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นเหตุให้รากมีขนาดใหญ่ขึ้นได้ เมื่อรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวไม่มี cambium จึงไม่สามารถขยายขนาดให้รากมีขนาดใหญ่ขึ้นได้ ดังนั้นขนาดของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจึงมีขนาดเท่าเดิม

<u>รากที่เปลี่ยนไปทำหน้าที่อื่น</u> (Modified root หรือ Specialized root)

รากพืชโดยทั่วไปทำหน้าที่ ดูดน้ำและแร่ธาตุ และยึดลำต้น แต่มีรากพืชบางชนิดเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เพื่อให้เหมาะกับหน้าที่พิเศษ ต่างๆ คือ

1. รากสะสม (storage root) ทำหน้าที่สะสมอาหาร ที่เรียกส่วนนี้ว่า หัว เกิดขึ้นในระบบราก ทั้ง tap root และ fibrous root ไปทำหน้าที่สะสม แป้ง โปรตีน และน้ำตาล เช่น หัวไชเท้า หัวผักกาดแดง มันเทศ กระชาย เป็นต้น

2. รากเกาะ (epiphytic root) หรือใช้รากเกาะยึดต้นไม้หรือวัสดุเพื่อให้ทรงลำต้นอยู่ได้ โดยรากนั้นไม่ได้แย่งอาหาร หรือใช้อาหารจากวัสดุที่มันเกาะอยู่ เช่น รากกล้วยไม้

3. รากค้ำจุน (prop root) ที่เจริญหรือเกิดมาจากข้อต่างๆ รากนี้จะเจริญลงสู่พื้นดินเพื่อช่วยพยุงลำต้น เป็นพวกรากพิเศษ พบในพืช เช่น ข้าวโพด เตย ไทร เป็นต้น รากของต้นโกงกาง เรียก stilt root ส่วนรากพูพอน หรือ buttress root มักเกิดในต้นไม้ที่มีอายุมาก มีลำต้นสูง

รูปที่ 5.3 สภาพของรากต้นไม้ที่ปลูกไว้ในกระถางเป็นแรมปี จะขดงอ ดังนั้นควรจะมีการแต่งราก ก่อนที่จะนำไปปลูกลงพื้นที่ เมื่อทำการตัดแต่งรากควรแต่งกิ่งใบออกด้วย และขณะปลูกลงพื้นที่ควรดูแลให้ต้นไม้นั้นจนตั้งตัวได้ (Harris 1983)

เพื่อชูกิ่งใบให้ได้รับแสงแดด และต้นไม้นั้น ขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่ระบบรากใต้ดินไม่แข็งแรง เช่น ต้นหางนกยูงฝรั่ง หูกวาง เป็นต้น

4. รากเลื้อย (climbing root) เป็นรากที่เจริญจากข้อ เพื่อใช้พยุงลำต้นให้สูงขึ้นไป ส่วนใหญ่พบในพวกไม้เลื้อย เป็นรากพิเศษ เช่น พริกไทย พลู พลูด่าง พลูฉลุ เป็นต้น

5. รากสังเคราะห์แสง (photosynthetic root) เป็นรากที่สังเคราะห์แสงได้ เพราะปลายรากมีสีเขียว เช่น รากกล้วยไม้ เป็นต้น

6. รากหายใจ (respiratory root หรือ aerating root) เป็นรากที่ช่วยในการหายใจ เป็นรากที่แตกออกมาจาก prop root ของพืชบางชนิด แต่รากหายใจนี้เจริญอยู่ในอากาศ เช่น โกงกาง ลำพู แสม เป็นต้น

7. รากกาฝาก (parasitic root หรือ haustoria) เป็นรากกาฝากที่เจริญ หรือแทงรากเข้าไปดูดน้ำและอาหารจากต้นพืชที่มันเกาะอาศัย เช่น กาฝาก ฝอยทอง เป็นต้น

8. รากหนาม (thorn root) เป็นรากที่เปลี่ยนไปเป็นหนาม อยู่บริเวณโคนต้นของพืชตระกูลปาล์มบางชนิด

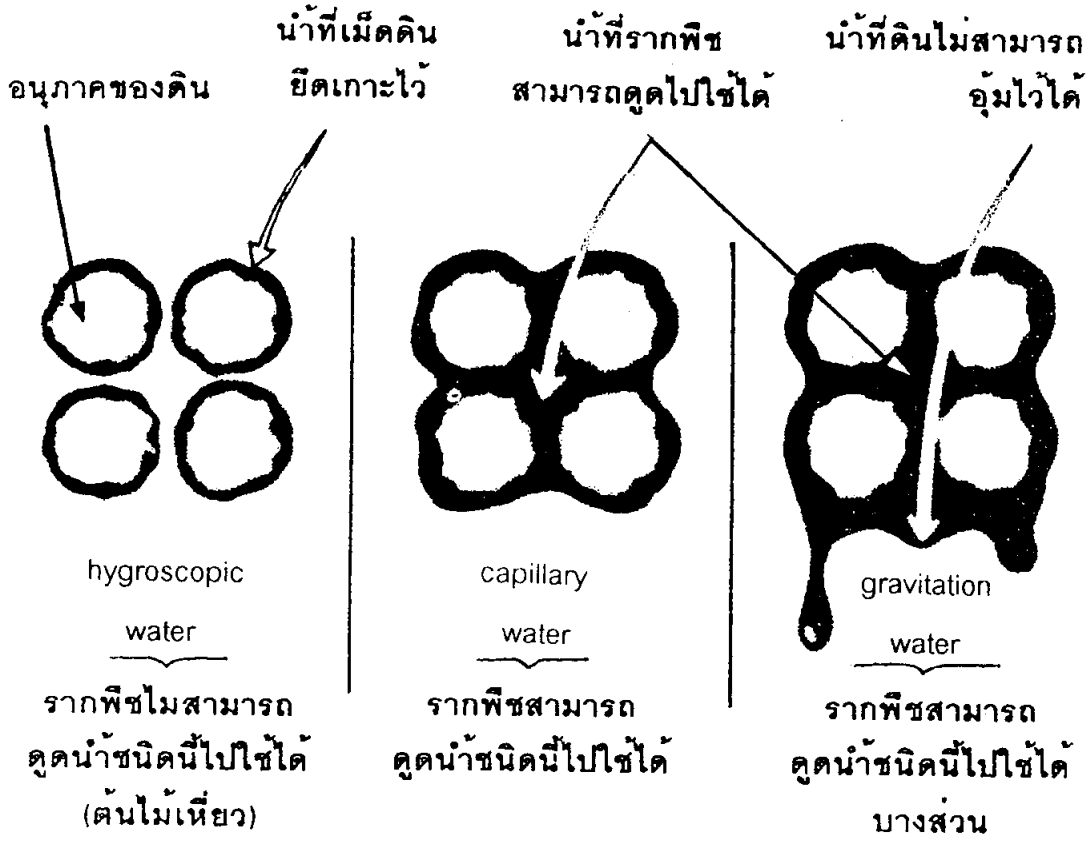
การทำงานของราก

1. การยึดลำต้น

การยึดลำต้นโดยราก ที่เกิดมาจากเมล็ดของพืชใบเลี้ยงคู่ ซึ่งระบบรากเป็น ระบบรากแก้ว (tap root system) หยั่งลึกลงดิน ในทิศทางเข้าหาแรงดึงดูดของโลก โดยมีพันธุกรรม และ สิ่งแวดล้อมของพืชแต่ละชนิดเป็นตัวควบคุมลักษณะ ต้นกล้า (seedling) จะงอกรากแก้วดิ่งลงดินได้ยาวมาก เมื่อเทียบกับความสูงของต้นกล้า กล้าไม้บางชนิดงอกรากแก้วได้ยาวถึง 1 เมตร โดยที่ต้นกล้านั้นมีความสูงเพียง 0.075 เมตรเท่านั้น

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในระยะที่เป็นต้นกล้านี้ มีเพียงรากแก้วเท่านั้นที่งอกยาว แต่ไม่ค่อยมีรากแขนงเกิดขึ้นเลย จึงไม่สมควรที่จะถอนต้นกล้าเพื่อย้ายปลูก หรือจะใช้วิธีการขุดล้อมก็ไม่เหมาะ เพราะระบบรากฝอยยังไม่เจริญ รากแก้วที่มีอยู่รากเดียวนั้น ไม่สามารถอุ้มดินไว้ได้ ควรปล่อยให้ต้นกล้าได้เจริญเติบโตสักระยะหนึ่งก่อน รอให้มีสาขาของรากแขนงเกิดขึ้นเสียก่อน

ส่วนพืชที่มีระบบรากเป็นแบบ ระบบรากฝอย เมล็ดจะงอกรากฝอยออกมาจำนวนมาก และเจริญอยู่ใต้ผิวดิน การถอน หรือขุดล้อมเพื่อย้ายปลูกต้นกล้า มีโอกาสรอดตายสูงกว่าต้นกล้าที่มีระบบรากแก้ว


อนุภาคของดิน
น้ำที่เม็ดดิน
ยึดเกาะไว้
น้ำที่รากพืช
สามารถดูดไปใช้ได้
น้ำที่ดินไม่สามารถ
อุ้มไว้ได้
hygroscopic
water
capillary
water
gravitation
water
รากพืชไม่สามารถ
ดูดน้ำชนิดนี้ไปใช้ได้
(ต้นไม้เหี่ยว)
รากพืชสามารถ
ดูดน้ำชนิดนี้ไปใช้ได้
รากพืชสามารถ
ดูดน้ำชนิดนี้ไปใช้ได้
บางส่วน

รูปที่ 5.4

ในกรณีของ ต้นไม้ยืนต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ด และขึ้นอยู่ในพื้นที่อุดมสมบูรณ์ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต จะช่วยให้การเจริญของรากเพื่อยึดลำต้น ดำเนินไปอย่างปรกติ การแผ่ขยายของรากสม่ำเสมอ ช่วยให้ลำต้นตั้งตรง ทรงพุ่มสวยงาม

ในทางตรงกันข้าม ต้นไม้ยืนต้นที่ขึ้นอยู่ในบริเวณที่ถูกจำกัด ปัจจัยสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสม โดยเฉพาะแสงแดดที่ต้นไม้ได้รับ มีสิ่งบดบังทำให้ต้นไม้ต้องเอนลำต้นออก เพื่อชูใบให้ได้รับแสงแดด ทำให้การเจริญ ทิศทาง ความยาว และความหนาแน่นของรากเปลี่ยนไปจากปรกติ ปริมาณรากรอบรัศมีโคนต้นไม่สม่ำเสมอ ยิ่งต้นไม้ต้นนั้นมีรากเจริญอยู่ในพื้นที่จำกัด มีสิ่งกีดขวางทิศทางการเจริญของราก ยิ่งทำให้การทำหน้าที่ยึดลำต้นของราก ไม่มีประสิทธิภาพ ต้นไม้อาจจะโค่นล้มได้โดยง่าย

สำหรับต้นกล้าไม้ยืนต้นที่มีระบบรากแก้ว ถูกขุดย้ายปลูก หรือต้นกล้าที่ถูกตัดรากแก้วออกไปบางส่วน แล้วนำไปปลูกใหม่ ทำให้การเจริญเติบโต หรือการงอกของรากผิดแบบออกไป มีผลต่อการทำหน้าที่ยึดลำต้น รากแก้วที่เหลืออยู่บางส่วนนั้น จะเป็นจุดกำเนิดของรากแขนง ที่งอกดิ่งลงในทิศทางแรงดึงดูดของโลก ถ้ามีสิ่งกีดขวาง หรือรากถูกทำลายการเจริญของปลายราก รากจะใช้วิธีแตกแขนงหรืองอกรากจากจุดที่อยู่เหนือขึ้นไป และเจริญไปในทิศทางเดิม

สำหรับไม้ยืนต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยวิธี ปักชำ ตอน เพาะเนื้อเยื่อ นั้นไม่มีรากแก้ว รากที่ทำหน้าที่ยึดลำต้นคือรากแขนง ธรรมชาติของรากแขนงมักเจริญหรืองอกขนานไปกับผิวดิน และเป็นที่เกิดของขนราก(root hair)ที่ทำหน้าที่ดูดน้ำ แร่ธาตุ รากแขนงบางรากจำเป็นที่จะต้องเจริญหรืองอกจากโคนลำต้น ทำมุมดิ่งลึกลงใต้ดินเพื่อทำหน้าที่ยึดลำต้นแทนรากแก้ว เรียกรากแขนงชนิดนี้ว่า รากหัวใจ (hearth root) รากแขนงบางรากที่เจริญขนานไปตามพื้นดินอาจจะมีการแตกรากสาขาเจริญดิ่งลงใต้ดิน เรียกรากชนิดนี้ว่า รากดิ่ง (sinker root) รากชนิดนี้มักเจริญหรือแตกมาจากรากแขนงใกล้ลำต้น เพราะมีส่วนช่วยยึดลำต้น

2. การดูดน้ำ และแร่ธาตุในดิน

หน้าที่หลักของราก นอกจากจะช่วยค้ำจุนลำต้นแล้ว ยังมีหน้าที่ดูดน้ำและแร่ธาตุในดิน โดยเริ่มจาก การทำงานของขนราก โดยน้ำจะเคลื่อนที่ผ่าน cortex เข้าสู่ stele ของราก และขึ้นไปยังส่วนต่างๆของลำต้น ส่วนแร่ธาตุเข้าสู่รากขน ในรูปของไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำ การที่น้ำเคลื่อนที่เข้าสู่รากได้นั้น เกิดมาจากการคายน้ำของใบ (transpiration) แรงเชื่อมแน่น (capillary force) และแรงดันราก (osmotic pressure)

การเคลื่อนที่ของน้ำภายในต้นพืช แบ่งออกได้เป็นสองตอน คือ น้ำเคลื่อนที่จากขนราก ผ่าน stele เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า radial movement หลังจากนั้น น้ำจะเคลื่อนที่สู่ยอดโดยผ่าน xylem ของราก ลำต้น และใบ เรียกการเคลื่อนที่ตอนนี้ว่า upward movement

การเคลื่อนที่ของขนรากผ่าน cortex จนเข้าถึง stele เกิดขึ้นได้สองทาง คือ น้ำจากขนรากจะเคลื่อนที่ผ่านไปตามเซลล์ของ cortex จากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่ง จนกระทั่งถึง stele อีกทางหนึ่งคือ น้ำจะเคลื่อนที่ออกจากขนราก ผ่าน cortex ไปตามช่องว่างระหว่างเซลล์ (inter - cellular space) จนกระทั่งถึง stele

ปริมาณน้ำที่เคลื่อนที่ผ่าน intercellular space มีปริมาณมากกว่า น้ำที่เคลื่อนที่ผ่านไปตามเซลล์ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเซลล์ที่ติดกัน เกิดขึ้นในอัตราที่ช้ามาก และไม่เพียงพอกับการคายน้ำของใบ แต่น้ำที่เคลื่อนที่ไปตาม intercellular space ที่มีขนาดใหญ่ จะเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วทำให้ปริมาณน้ำที่ผ่านเข้าไปใน stele พอกับอัตราการคายน้ำในสภาพปรกติ

หลังจากน้ำเข้าสู่ stele แล้ว การเคลื่อนที่ของน้ำขึ้นสู่ยอดและใบได้นั้น มีอยู่หลายทฤษฎี แต่ทฤษฎีที่เหมาะสมนั้นควรจะอธิบายว่า น้ำขึ้นสู่ยอดต้นไม้ที่มีความสูงเป็นร้อยๆเมตรได้อย่างไร บางทฤษฎีได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์น้อยมาก เช่น ทฤษฎี capillary force , air pressure และ vital theory ซึ่งไม่สามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของน้ำได้ทั้งหมด แต่อาจเป็นส่วนประกอบที่ทำให้ น้ำผ่านไปสู่ยอดได้เท่านั้น

ปัจจุบันมีทฤษฎีที่จะอธิบายการเคลื่อนที่ของน้ำ ขึ้นสู่ยอดได้อย่างมีเหตุผล และเป็นที่ยอมรับได้มีเพียง 2 ทฤษฎีเท่านั้น คือ root pressure และ cohesion - tension theory

Root pressure เป็นแรงดันที่เกิดขึ้นเนื่องจาก รากพืชดูดน้ำแบบ active absorption แต่นักวิทยาศาสตร์บางท่านว่า เป็นแรง hydrostatic ที่เกิดขึ้นเนื่องจาก water potential gradient แรงดันที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดการคายน้ำเป็นหยด (guttation) ที่ต้นพืช และทำให้สารละลายใน xylem ไหลออกมา เมื่อตัดต้นพืช และสารละลายที่ไหลออกมาจะมาก หรือน้อย แค่ไหนขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และขนาดของระบบราก แต่ทฤษฎีนี้ทฤษฎีเดียว ไม่สามารถอธิบายครอบคลุมต้นพืชที่มีความสูงมากๆได้

ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายน้ำที่ขึ้นสู่ลำต้นพืชได้ไม่เกิน 10 เมตร เพราะค่าปรกติของแรงดันรากต่ำกว่า 2 bar และอีกเหตุผลหนึ่งคือ อัตราการคายน้ำของพืชตามปรกติ ประมาณ 1000 เซนติเมตร ต่อชั่วโมง และ 4500 เซนติเมตร ต่อชั่วโมงในเวลากลางวัน แต่ root pressure ทำให้น้ำ

เคลื่อนที่ในอัตรา 1 - 10 เซนติเมตรต่อชั่วโมง เท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่ออัตราการคายน้ำปรกติ และเหตุผลที่ว่า ในสภาพที่ดินมีความชื้นสูง และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศก็สูง ทำให้อัตราการคายน้ำของพืชต่ำ ทำให้ root pressure เข้ามาเกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่ของน้ำ ในสภาวะดังกล่าวน้อยมาก

ตลอดจนเหตุผลที่ว่า น้ำในท่อลำเลียงน้ำเคลื่อนที่ด้วยแรงดึง (negative pressure) มากกว่าแรงดัน (positive pressure) และพืชบางชนิดไม่มี root pressure เช่น พืชจำพวก gymnosperm ดังนั้น root pressure เป็นแรงส่วนหนึ่งที่ทำให้น้ำไหลขึ้นสู่ยอด แต่ไม่ใช่เป็นแรงที่อธิบายการเคลื่อนที่ของน้ำได้ทั้งหมด

Cohesion - tension มีชื่อเรียกได้หลายชื่อ เช่น transpiration pull , transpiration stream , transpiration - cohesion - tension mechanism หรือ shoot tension เนื่องจากโมเลกุลของน้ำมีขั้วบวกและขั้วลบ ถ้าโมเลกุลของน้ำหลายโมเลกุลอยู่ใกล้กัน จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุ บวกกับประจุลบขึ้น แรงที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้โมเลกุลของน้ำเกาะติดกัน แรงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า hydrogen bond น้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วหรือ polar น้ำจึงสามารถเกาะกับโมเลกุลชนิดอื่นๆที่มีขั้วได้ เช่น เซลลูโลส แป้ง โปรตีน แรงเกาะกันระหว่างโมเลกุลต่างชนิดกันนี้ เรียกว่า adhesive force และแรงเกาะกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ เรียกว่า cohesive force แรงชนิดนี้ทำให้น้ำเคลื่อนที่ไปได้

เมื่อน้ำเคลื่อนที่ในท่อเล็กๆ เช่น xylem น้ำที่เคลื่อนที่จะมีแรงดึงโมเลกุลอื่นๆที่ติดกันให้เคลื่อนที่ตามไปด้วย ประกอบกับเมื่อขณะที่พืชคายน้ำ จะเกิดแรงดึงระหว่างโมเลกุลของไอน้ำที่ระเหยออกจากใบ กับโมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายใน xylem ของพืช ทำให้น้ำเคลื่อนที่จากข้างล่างขึ้นไปข้างบนลำต้น และระเหยออกทางใบในที่สุด และมีการคำนวณค่าแรงดึงระหว่างโมเลกุลของน้ำที่ไม่ทำให้สายน้ำขาดจากกัน เท่ากับ -30 bars แรงดึงนี้มากพอ ที่จะทำให้น้ำเคลื่อนที่ไปตามท่อลำเลียงน้ำของต้นพืช ที่สูงถึง 120 เมตร ได้โดยสะดวก

ต้นพืชโดยทั่วไป มีความสูงไม่เกิน 30 เมตร ตามทฤษฎีนี้จะใช้แรงดึงประมาณ -12 barsเท่านั้น ที่จะทำให้น้ำขึ้นไปถึงส่วนยอดพืช ส่วนในพืชล้มลุก จะมีแรงดึงในใบ ประมาณ -8 ถึง -12 bars ส่วนในไม้ยืนต้นจะมีแรงดึงในใบประมาณ -20 ถึง -35 bars ต้นได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดของท่อ vessel กับ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำภายในท่อ พบว่า เมื่อท่อ vessel มีขนาดเล็กลง จะทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำเพิ่มขึ้น

ในกรณีที่ลำต้นถูกตัดออก หรือเนื้อไม้ของลำต้นถูกบาก ออกไปครึ่งหนึ่งซึ่งอยู่ตรงข้ามกัน แต่อยู่คนละระดับความสูง ทำให้ท่อลำเลียงน้ำหรือ xylem ถูกตัดขาดจากกัน แล้วน้ำถูก

ลำเลียงขึ้นสู่ยอดได้อย่างไร ซึ่งกลายเป็นข้อโต้แย้งของทฤษฎีการเคลื่อนที่ของน้ำในต้นพืช ด้วยแรงดึงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการคายน้ำของใบ แต่ผู้กล่าวแย้งยังเห็นว่าไม่มีทฤษฎีใดที่ดีกว่า และในธรรมชาติของต้นไม้ มีการสร้างส่วนของท่อลำเลียงน้ำให้เชื่อมติดกันได้

สิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการดูดน้ำของพืช

1. ปริมาณน้ำในดินที่พอเหมาะ จะทำให้อัตราการดูดน้ำของรากพืชสูง ถ้าปริมาณน้ำในดินมากเกินไป หรือน้ำท่วมขังบริเวณรากพืช รากพืชจะดูดน้ำได้น้อย และช้า และรากไม่ได้รับออกซิเจน การถ่ายเทอากาศในดินไม่เกิดขึ้น

2. อุณหภูมิในดิน ที่พอเหมาะจะช่วยให้การดูดน้ำของรากมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าอุณหภูมิในดินสูง หรือต่ำเกินไป รากดูดน้ำไม่ได้

3. ความเข้มของสารละลายในดิน ถ้ามีมากเกินไปหรือเข้มข้นเกินไป ทำให้รากไม่สามารถดูดน้ำได้

3. การระเหยน้ำออกจากต้นพืช

พืชสามารถระเหยน้ำออกได้หลายทาง ได้แก่

- ระเหยออกมาทาง lenticel (lenticular transpiration) ซึ่งเป็นรูเปิดเล็กๆอยู่ที่ลำต้นและกิ่ง แต่ปริมาณน้ำที่ระเหยออกมาจากส่วนนี้น้อย เพราะมีสาร suberin เคลือบอยู่ที่ชั้นของ cork

- ระเหยน้ำออกทางผิวใบ (cuticular transpiration) ซึ่งน้ำสามารถระเหยน้ำออกมาทางผิวใบและลำต้นอ่อนๆ ในรูปของไอน้ำได้น้อยเช่นกัน เพราะมี cutin เคลือบอยู่ที่ชั้นของเนื้อเยื่อชั้นผิว

- ระเหยออกทางปากใบ (stomatal transpiration) ซึ่งอยู่ใต้ผิวใบด้านล่าง (lower epidermis)และพืชบางชนิด มีปากใบอยู่ที่ผิวใบด้านบน (upper epidermis) ด้วย บางชนิดมีปากใบอยู่ใต้ใบเพียงด้านเดียว เช่น แอปเปิลบางชนิดมีปากใบที่ด้านบนเพียงด้านเดียว เช่น ใบบัว บางชนิดมีปากใบด้านบนมากกว่าด้านล่าง เช่น พืชตระกูลหญ้า

ขนาดของรูใบของพืชแต่ละชนิดก็ไม่เท่ากัน น้ำระเหยออกทางปากใบมากที่สุด จำนวนปากใบมีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละพืช โดยเฉลี่ยจะมีปากใบประมาณ 1 - 3 % ของเนื้อที่ผิวใบ แต่สามารถระเหยน้ำออกมาได้ถึง 50 - 60 % เมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆเหมาะสม ต่อการเปิดของปากใบ

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการระเหยน้ำหรือการคายน้ำของพืช

- ความเข้มข้นของแสง เพราะการปิด-เปิดของปากใบ ขึ้นอยู่กับการทำงานของ guard cell ซึ่งมี chloroplast สามารถสังเคราะห์แสงได้ เกิดน้ำตาลกลูโคสใน guard cell ทำให้น้ำเข้าสู่ guard cell และเต่งตัว ปากใบจะเปิด ไอน้ำก็จะระเหยออกมา ทางปากใบ
- ความชื้น ถ้าความชื้นในอากาศมีน้อย อากาศแห้ง เกิดความแตกต่างระหว่างความชื้นในอากาศ กับความชื้นใน spongy cell ซึ่งมีไอน้ำอยู่มาก การระเหยน้ำออกจากใบก็เกิดขึ้นได้
- อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูง พืชระเหยน้ำมีมาก เพราะอุณหภูมิของบรรยากาศ มีผลต่อการปิด-เปิด ของปากใบ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปก็จะทำให้ปากใบปิด และถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ปากใบเปิดน้อยลง
- ลม ลมช่วยพัดไอน้ำที่ระเหยออกมาแล้ว ให้เคลื่อนที่ไป ทำให้บริเวณใบมีไอน้ำน้อย บรรยากาศบริเวณนั้นสามารถรับไอน้ำได้มากขึ้น ใบจึงระเหยน้ำออกมาได้เรื่อยๆ และลมยังช่วยให้ใบเคลื่อนไหว เป็นผลให้ mesophyll เคลื่อนไหวไปด้วย ทำให้ไอน้ำใน mesophyll ถูกไล่ออกมา แต่ถ้ามีลมพัดแรงจนเกินไป ปากใบก็จะปิด
- น้ำในดิน มีผลต่อการระเหยน้ำของพืช กล่าวคือ ถ้าน้ำในดินมีมาก และพืชสามารถดูดน้ำได้มาก การระเหยน้ำก็จะมีมากตามไปด้วย ในทางกลับกัน ถ้าน้ำในดินมีน้อย รากพืชก็ดูดน้ำได้น้อย การระเหยน้ำก็มีน้อย
- ความดันของบรรยากาศ ความกดดันของบรรยากาศต่ำ อากาศจะบางและความหนาแน่นต่ำ ทำให้ไอน้ำจากใบระเหยออกไปได้ง่าย ถ้าความกดดันบรรยากาศสูง อัตราการระเหยน้ำก็น้อย
- ลักษณะและโครงสร้างของใบ ส่วนประกอบและโครงสร้างของใบแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน เช่น พืชที่ขึ้นอยู่ในที่แห้งแล้ง (xerophyte) ปากใบจะฝังตัวอยู่ลึกลงไปใต้ผิวใบ ทำให้การระเหยน้ำจากปากใบออกมาภายนอกได้ยากบระเหยน้ำออกมาแล้ว พืชบางชนิดมี cutin เคลือบลำต้นการระเหยน้ำจึงเกิดขึ้นน้อย พืชบางชนิด มีปากใบน้อย การระเหยน้ำจึงมีน้อย

4. เก็บสะสมอาหาร สังเคราะห์แสง และหายใจ

รากนอกจากทำหน้าที่ค้ำจุนลำต้น ดูดน้ำ และแร่ธาตุอาหารแล้ว รากพืชบางชนิด

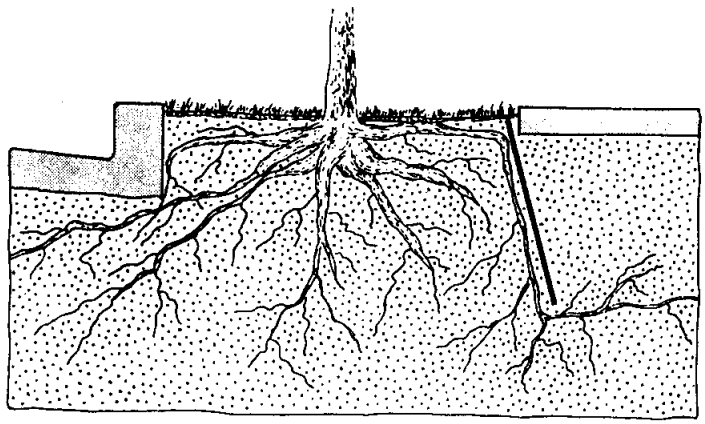
สามารถเก็บสะสมอาหาร สังเคราะห์แสง และหายใจได้ด้วย รากที่เปลี่ยนแปลงหน้าที่หรือมีหน้าที่พิเศษนี้ มักจะเป็นพืชล้มลุกเสียเป็นส่วนมาก และจัดเป็นพืชที่มีวิวัฒนาการสูง แต่ก็มีพืชบางชนิดที่เป็นต้นไม้ยืนต้น ที่ระบบรากของมัน ช่วยทำหน้าที่เก็บน้ำและอาหาร ซึ่งได้แก่พืชที่ทนแล้ง เช่น พืชทะเลทราย

พืชที่มีระบบรากทำหน้าที่พิเศษนี้ ส่วนใหญ่จะมีหน้าที่เพียงหน้าที่เดียว มิใช่พืชนั้นมีรากพิเศษที่ทำหน้าที่ได้หลายหน้าที่ มักเจาะจงชนิดของพืช ที่รากมีหน้าที่เฉพาะโดยตรง ยกเว้นหน้าที่หลักของรากในพืชทั่วไป คือ ยึดลำต้น และ ดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร แต่อาจจะมีพืชบางชนิดที่รากเปลี่ยนไปทำหน้าที่พิเศษ ทำให้หน้าที่หลักคือ ยึดลำต้นและ ดูดน้ำ แร่ธาตุ น้อยลงไป

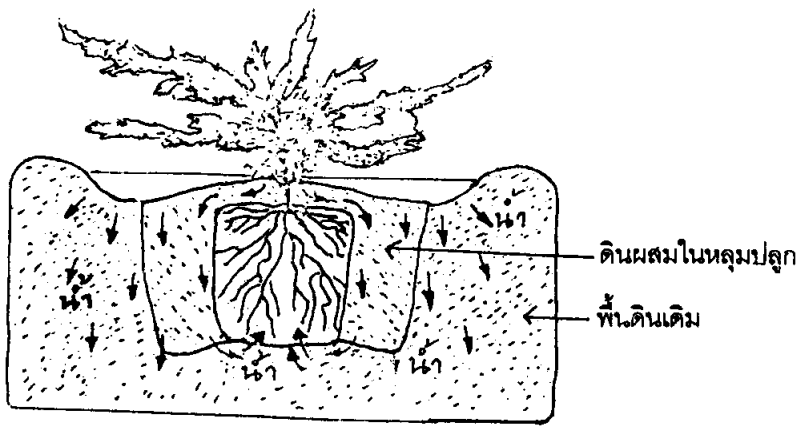
ระบบรากของพืช มีหน้าที่ยึดลำต้นเพื่อให้สามารถชูกิ่งก้านสาขา และใบเพื่อรับแสงแดด และดูดน้ำ แร่ธาตุอาหาร ตลอดจน สะสมอาหาร สังเคราะห์แสง ถ้าระบบรากไม่ดีหรือทำหน้าที่ต่างๆไม่ได้ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบอื่นๆที่อยู่เหนือดินได้แก่ ลำต้น ใบ ดอกและผล การดูดน้ำของรากเกิดจากขนราก ซึ่งประกอบด้วยเซลล์บางๆทำหน้าที่ดูดน้ำ ด้วยการออสโมซีส (osmotic pressure) ของเซลล์รากขนอ่อนที่มีความเข้มข้นของน้ำเลี้ยง (cell sap) สูงกว่าความเข้มข้นของน้ำในดิน (soil water)

ขณะที่น้ำเข้าสู่รากขนอ่อน น้ำจะผ่านเซลล์แถวนอกของราก ไปสู่ท่อลำเลียงที่อยู่ตรงกลางราก (stele) น้ำจะถูกส่งผ่านท่อลำเลียงน้ำและถูกส่งต่อขึ้นไปเรื่อยๆ ทั้งนี้การดูดน้ำขึ้นสู่ลำต้น และไปถึงใบได้รับอิทธิพลมาจากการคายน้ำของใบ (การคายน้ำของใบจะทำให้น้ำเคลื่อนที่จากที่ชื้นไปสู่ที่แห้ง เมื่อน้ำระเหยออกทางรูใบหรือใบเกิดการคายน้ำ ทำให้เกิดแรงดึงของน้ำระหว่างบริเวณใบกับราก และดึงน้ำขึ้นไปผ่านไปตามท่อลำเลียงน้ำ) และ ความเชื่อมแน่น (เกิดจากโมเลกุลของน้ำ มีแรงดึงระหว่างกัน และยังมีแรงดึงที่ผนังของท่อลำเลียงน้ำ ความเชื่อมแน่นนี้ทำให้น้ำขึ้นสู่ยอดได้สูงมาก)

รากของพืชที่เกิดมาจากเมล็ด เมื่อต้นพืชเจริญเติบโตมีขนาดใหญ่ขึ้น ขนาดของรากแก้วก็มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย และมีรากจำพวกหนึ่ง ที่เจริญไปในทิศทางเดียวกับรากแก้ว ที่ทำหน้าที่ช่วยพยุงลำต้นด้วยเรียกรากเหล่านี้ว่า รากหัวใจ (heart roots) รากส่วนนี้มักจะเกิดขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่แทนรากแก้วที่ตายไป ส่วนบริเวณที่ใกล้โคนต้นใต้ดินลงมา ซึ่งเป็นจุดกำเนิดและแพร่กระจายของราก เรียกว่า root stock



รูปที่ 5.5 ทิศทางการเจริญของราก เมื่อมีสิ่งกีดขวาง (Harris ,1983)



รูปที่ 5.6 วิธีการปลูกและการรดน้ำที่ถูกต้อง น้ำจะซึมเข้าตุ้มรากจากด้านล่าง เพราะตุ้มดินละเอียดแน่น (Janick et..al ,1974)

ทิศทางการเจริญของราก

การเจริญของรากได้รับการกระตุ้นจาก น้ำ อุณหภูมิ และธาตุอาหาร รากแก้วเจริญหรือองอกไปตามแรงดึงดูดของโลก รากหัวใจก็เจริญไปในทิศทางเดียวกับรากแก้ว ส่วนรากข้างหรือรากแขนง จะเจริญไปตามใต้ผิวดิน เมื่อรากถูกกีดขวางจะแตกรากแขนง เหนือจุดที่ถูกกีดขวางเพื่อจะเจริญไปในทิศทางเดิม รากของพืชนั้นไม่ได้เจริญเติบโตอยู่ตลอดเวลา บางรากจะหยุดการเจริญ เช่นไม้ในเขตหนาว ระบบรากมีการพักตัว โดยทั่วไปทิศทาง และระยะทางหรือความยาวของราก มักเจริญอยู่ในบริเวณทรงพุ่ม

บางครั้งพบว่ารากงอกไปได้ไกลมาก โดยเฉพาะต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในที่โล่งแจ้ง และเป็นอิสระในการงอกราก ไม่มีต้นไม้ใดๆมาเบียดบังแสงแดด และต้นไม้นั้นได้รับสภาพแห้งแล้งอยู่บ่อยครั้ง ยิ่งสภาของดินเป็นดินทราย รากจะยืดยาวออกไปนอกทรงพุ่ม 2 - 3 เท่า ในทางตรงกันข้าม ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในพื้นดินที่จำกัด มีผลต่อทิศทาง และ ความยาว ของรากเช่นกัน ปัจจัยที่ทำให้รากมีการเจริญเติบโตน้อยลง มีสาเหตุจาก

1. ต้นไม้ไม่ได้รับแสง
2. กิ่งใบถูกตัด มีผลต่อการเจริญของปลายราก
3. รากขาดอากาศ
4. ต้นไม้ได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไป
5. เกิดจากการแก่งแย่งของรากพืชชนิดอื่น
6. มีหญ้าขึ้นปกคลุมบริเวณราก ขณะที่ต้นไม้ยังมีขนาดเล็กอยู่ (อายุต่ำกว่า 4 ปี)

ต้นไม้ที่เกิดมาจากเมล็ดที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่แห้งแล้ง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำให้รากหยั่งลึกหรือหากินไกล ยากต่อการขุดล้อมเพื่อย้ายปลูก

เมื่อรากพืชที่เกิดมาจากเมล็ดเริ่มงอก รากแก้วที่จุดกำเนิดราก (radicle) เมื่อรากสัมผัสดิน จะหยั่งลึกลงไปในแนวดิ่งก่อน เมื่อสามารถยึดหรือค้ำจุนลำต้นได้แล้ว จึงจะเริ่มแตกแขนงเพื่อดูดน้ำและแร่ธาตุ โดยมีรากแขนง และรากฝอย เจริญอยู่โดยรอบข้างของรากแก้ว เพื่อการเจริญเติบโต ทิศทางการแผ่ขยายของรากพืชที่มีระบบรากเป็นแบบระบบรากฝอยนั้น รากแขนงที่แตก หรือเจริญออกมารอบโคนต้น ในทิศทางดิ่งลงตามแรงดึงดูดของโลก (positive geotropic)

แต่การเจริญของรากที่อยู่รอบโคนต้น ในระยะต่อมานั้น แต่ละรากจะเจริญเติบโตได้ดีแค่ไหน ขึ้นอยู่กับน้ำ อุณหภูมิ และแร่ธาตุอาหาร ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของราก ดัง

นั้น ทิศทางการเจริญของราก ในแต่ละทิศรอบลำต้นนั้นอาจจะไม่เท่ากัน และรากพืชบางรากอาจจะชะงัก หรือหยุดการเจริญได้เช่นกัน

รากของต้นไม้ยืนต้นส่วนใหญ่ จะเจริญอยู่ในดินลึกประมาณ 1 เมตร แต่บางครั้ง รากอาจหยั่งลึกลงไปในดินทรายได้ลึกกว่า 10 เมตร แต่ถ้าต้นไม้นั้นเจริญเติบโตในดินเหนียว ปริมาณรากที่พบมาก จะอยู่ในระดับความลึก 6 - 8 นิ้วหรือ 15 - 20 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน ที่มีใบไม้แห้งปกคลุม แต่ถ้าผิวดินไม่มีใบไม้แห้งหรือวัสดุใดๆปกคลุม รากจะหยั่งลงลึก เพราะพื้นดินร้อนเกินกว่าที่รากจะเจริญเติบโตได้ ในระดับความลึก 20 - 25 เซนติเมตร ดังนั้นการที่จะให้รากเจริญอยู่ใกล้ผิวดิน จำเป็นที่จะต้องมีสิ่งปกคลุมผิวดินไว้ หรือให้ความชื้นที่ระดับผิวดินอย่างสม่ำเสมอ

โดยปกติแล้วความลึกของราก ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสูงของลำต้น ทั้งนี้เพราะรากที่ไม่ได้รับน้ำ และ แร่ธาตุที่เพียงพอ จะยาวกว่ารากที่เจริญอยู่ในดินที่อุดมสมบูรณ์ ในกรณีที่ปลูกต้นไม้ในภาชนะ (container) และได้รับน้ำและปุ๋ย อุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้ทรงพุ่มมีขนาดใหญ่ แต่การเจริญของรากอยู่ในบริเวณจำกัด เมื่อทำการย้ายออกจากภาชนะ เพื่อปลูกลงบนพื้นดิน มักจะโค่นล้ม เพราะการทำหน้าของราก ในการค้ำจุนลำต้น หลังถูกย้ายปลูกไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากรากนั้นแทบไม่ได้ทำหน้าที่ยึดลำต้นไว้เลย ในระหว่างที่เจริญเติบโตอยู่ในภาชนะ

บางครั้งพบว่าต้นไม้ที่ถูกย้ายออกจากภาชนะ แล้วนำไปปลูกในแปลง แสดงอาการเหี่ยว เพราะรากมีจำนวนมาก แต่ดินที่รากใช้ยึดเกาะมีน้อย จึงควรตัดแต่งกิ่งและใบออกเสียบ้าง เมื่อตรวจพบสภาพดังกล่าว

ทิศทางและการเจริญเติบโตของราก มีความสัมพันธ์กับวัสดุปลูก (root media) ในกรณีที่ปลูกในภาชนะหรือในกะบะ และมีความสัมพันธ์กับชนิดของดิน และโครงสร้างของดิน น้ำหรือความชื้น แร่ธาตุอาหาร อุณหภูมิ และแสงแดด

คำถามบทที่ 5

1. โครงสร้างของรากพืชใบเลี้ยงคู่กับใบเลี้ยงเดี่ยวมีความแตกต่างกันอย่างไร
2. อธิบายการกำเนิดของขนราก และความสำคัญของขนราก และการที่รากพืชดูดน้ำได้เพราะเหตุใด ยกตัวอย่างสนับสนุนเหตุผลดังกล่าว
3. การขยายพันธุ์พืชโดยวิธีไม่ใช้เพศนั้น ทำให้ระบบรากที่กำเนิดขึ้น เป็นแบบใด และเพราะเหตุใด แตกต่างไปจากระบบรากที่ได้จากการเพาะเมล็ดอย่างไร และรากพืชมีความสัมพันธ์กับความสูงของต้นไม้อย่างไร อธิบาย
4. ต้นตอที่ได้จากการเพาะเมล็ดเช่น เมล็ดมะม่วงแก้ว นำไปทาบกิ่งเปลี่ยนเป็น ยอดพันธุ์ดี โดยมีการตัดรากแก้วทิ้งไปบางส่วนเพื่อความสะดวกในการเตรียมต้นตอ ท่านคิดว่าการตัดรากแก้วออกไปนั้น จะทำให้ระบบรากของมะม่วงแก้วมีการเจริญเติบโตเป็นอย่างไร เมื่อนำไปปลูกลงแปลง
5. พืชหัวนั้นมีความสัมพันธ์กับระบบรากพืชอย่างไร มีหลักในการพิจารณาอย่างไรว่าพืชหัวนั้นกำเนิดขึ้นมาจากระบบราก
6. รากพืชของต้นไม้บางชนิด เช่น ต้นเดื่อม นั้นรากมีความแข็งแรงเสมือนแก่นไม้ ท่านสามารถอธิบายเหตุผลได้ไหมว่า ทำไมรากต้นเดื่อมมีความแข็งแรงขนาดนั้น เป็นเพราะมีเนื้อเยื่อชนิดใดประกอบอยู่ อธิบาย