

การคายน้ำ การลำเลียงน้ำ และ แร่ธาตุ

การคายน้ำ (Transpiration):

การคายน้ำคือการสูญเสียน้ำของพืชในรูปของไอน้ำ น้ำที่พืชดูดขึ้นไปจะใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพียงร้อยละ 1-2 เท่านั้น น้ำส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 98-99 จะสูญเสียไปในรูปของการคายน้ำโดยน้ำเปลี่ยนเป็นไอและระเหยออกไป น้ำส่วนใหญ่จะระเหยออกทางปากใบ (stinated) เรียกว่า สโตมาทอลทรานสไพเรชัน (stomatal transpiration) นอกจากนี้ น้ำอาจสูญเสียทางผิวใบและส่วนของลำต้นอ่อน ๆ เรียกว่า คิวทิคิวลาร์ ทรานสไพเรชัน (cuticular traspiration) ทางรอยแตกหรือรูเล็ก ๆ ที่ลำต้นหรือเลนทิเซล (lenticel) เรียกว่า เลนทิคิวลาร์ทรานสไพเรชัน (lenticular transpiration) การคายน้ำทางผิวใบและเลนทิเซลถือว่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับการคายน้ำทางปากใบ แต่ในสภาพที่พืชขาดน้ำ ปากใบจะปิดตงั้นการคายน้ำทางผิวใบ และเลนทิเซล จะช่วยลดอุณหภูมิให้กับพืชได้บ้างทำให้ลำต้นพืชไม่ร้อนมากจนเกินไป ที่ผิวใบพืชมีเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิส (epidermis layer) เซลล์ชั้นนี้เป็นชั้นที่อยู่นอกสุดปกคลุมส่วนที่อยู่ข้างในทั้งทางด้านบน คือ เอพิเดอร์มิสด้านบน (upper epidermis) และทางด้านล่าง คือ เอพิเดอร์มิสด้านล่าง (lower epidermis) เซลล์เอพิเดอร์มิสมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงตัวแถวเดียวตลอดทั่วไป เซลล์ชั้นนี้ไม่มีคลอโรฟิลล์อยู่ด้วย จึงทำให้สังเคราะห์ด้วยแสง ไม่ได้เซลล์เอพิเดอร์มิสบางเซลล์เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เป็น เซลล์คุม (guard cell) อยู่ด้วยกันเป็นคู่มองด้านในของเซลล์คุมมากกว่าผนังเซลล์ด้านนอกระหว่างเซลล์คุมเป็นปากใบ (stomata) พบว่าทางด้านล่างของใบมีปากใบอยู่มากกว่าทางด้านบนเซลล์คุมทำหน้าที่ปิดและเปิดปากใบ เซลล์คุมแตกต่างจากเซลล์เอพิเดอร์มิสอื่น คือ เซลล์คุมมีคลอโรฟิลล์อยู่ด้วย จึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้และการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการเปิดปิดของปากใบ, การคายน้ำและการลำเลียงสารของพืช ผิวของเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสมีสารพอกซ์คัติน เรียกว่า คิวทิน (cutin) ฉาบอยู่ช่วยป้องกันการระเหยของน้ำ ออกจากผิวใบปากใบพืชจำแนกตามชนิดของพืชที่เจริญอยู่ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้เป็น 3 แบบ คือ

- 1.ปากใบแบบธรรมดา (typical stomata) เป็นปากใบของพืชทั่วไปโดยมีเซลล์คุมอยู่ในระดับเดียวกับเซลล์เอพิเดอร์มิสพืชที่ปากใบเป็นแบบนี้เป็นพวกเจริญอยู่ในที่ ๆ มีน้ำอุดมสมบูรณ์พอสมควร (mesophyte)
 - 2.ปากใบแบบจม (sunken stomata) เป็นปากใบที่อยู่ลึกเข้าไปในเนื้อใบเซลล์คุมอยู่ลึกกว่าหรือต่ำกว่าชั้นเซลล์เอพิเดอร์มิสพบในพืชที่อยู่ในที่แห้งแล้ง (xerophyte) เช่น พืชทะเลทราย พวกกระบองเพชร พืชป่าชายเลน (halophyte) เช่น โกงกาง แสม ลำพู เป็นต้น
 - 3.ปากใบแบบยกสูง (raised stomata) เป็นปากใบที่มีเซลล์คุมอยู่สูงกว่าระดับเอพิเดอร์มิสทั่วไป เพื่อช่วยให้ น้ำระเหยออกจากปากใบได้เร็วขึ้นพบได้ในพืชที่เจริญอยู่ในน้ำที่มีน้ำมากหรือขึ้นแฉะ(hydrophyte)
- ใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น หนุ่ย ข้าวโพด ที่ชั้นเอพิเดอร์มิสมีเซลล์ขนาดใหญ่และผนังเซลล์บาง เรียกว่า บัลลiformเซลล์ (bulliform cell) ช่วยทำให้ใบม้วนงอได้เมื่อพืชขาดน้ำช่วยลดการคายน้ำของพืชให้น้อยลง พืชบางชนิดอาจมีเอพิเดอร์มิสหนามากกว่า 1 ชั้น ซึ่งพบมากทางด้านหลังใบมากกว่าทางด้านท้องใบเรียกว่า มัลติเปิล เอพิเดอร์มิส (multiple epidermis) ซึ่งพบในพืชที่แห้งแล้งช่วยลดการของได้ เซลล์ชั้นนอกสุดเรียกว่า เอพิเดอร์มิส ส่วนเซลล์แถวที่อยู่ถัดเข้าไปเรียกว่า ไฮโปเดอร์มิส (hypodermis)

การคายน้ำของพืชมีความสัมพันธ์กับการลำเลียงน้ำของพืชไปตามเซลล์ที่มีลักษณะเป็นท่อยาว ๆ ถ้าหากพืชคายน้ำออกไปมากจะมีกระบวนการลำเลียงน้ำมากด้วย

ในขณะที่ยิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมกับการคายน้ำทางปากใบ เช่น เมื่ออากาศมีความชื้นมาก พืชบางชนิดจะกำจัดน้ำออกมาในรูปของหยดน้ำ ทางรูเปิดเล็ก ๆ ตามปลายของเส้นใบ รูเหล่านี้เรียกว่า ไฮดาโทด (hydathod) กระบวนการคายน้ำของพืชในรูปของหยดน้ำเช่นนี้เรียกว่า กัตเตชัน (guttation) เนื่องจากพืชมีการดูดน้ำอยู่ตลอดเวลา น้ำจะเข้าไปอยู่ในรากเป็นจำนวนมากขึ้นทุกที ทำให้เกิดแรงดันของเหลวให้ไหลขึ้นไปตามท่อไซเลมในลำต้นและใบ และไหลออกมาทางรูเปิดของท่อเล็ก ๆ ที่อยู่ปลายของเส้น มองเห็นเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ตามขอบใบเราจะพบปรากฏการณ์นี้ในธรรมชาติได้อย่างชัดเจนในตอนเช้าที่อากาศมีความชื้นมาก ๆ ซึ่งมักไม่เกิดบ่อยนัก

ประเภทของการคายน้ำ

- การคายน้ำของพืชเป็นไปในลักษณะของการแพร่เป็นส่วนใหญ่ แบ่งเป็น 3 ประเภท ตามตำแหน่งที่ไอน้ำออกมา คือ
- 1.Stomatal transpiration เป็นการคายน้ำที่กำจัดไอน้ำออกมาทางปากใบซึ่งมีอยู่มากมายตามผิวใบ ปากนี้เป็นทางที่มีการคายน้ำออกมากที่สุด
 - 2.Cuticular transpiration เป็นการคายน้ำที่กำจัดไอน้ำออกมาทางผิวใบที่มี cuticle ฉาบอยู่ข้างนอกสุดของ epidermis แต่เนื่องจาก cuticle ประกอบด้วยสาร cutin ซึ่งเป็นสารประกอบคล้ายขี้ผึ้ง
- ไอน้ำจึงแพร่ออกทางนี้ได้ยาก ดังนั้น พืช จึงคายน้ำออกทางนี้ได้น้อยและ ถ้าหากพืชใดมี cuticle หนามากน้ำก็ยิ่งออกได้ยากมากขึ้น

ทั้ง stomatal และ cuticular transpiration ต่างก็เป็นการคายน้ำที่กำจัดไอน้ำออกมาจากใบ จึงเรียกรวมการคายน้ำทั้ง 2 ประเภทนี้รวม ๆ กันว่า Foliar transpiration การคายน้ำออกจากใบดังกล่าวนี้จะเกิดที่ปากใบประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์และที่ cuticle ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

3. Lenticular transpiration เป็นการคายน้ำที่กำจัดไอน้ำออกมาทาง lenticel ซึ่งเป็นรอยแตกตามลำต้นและกิ่ง การคายน้ำประเภทนี้เกิดขึ้นน้อยมาก เพราะ lenticel มีในพืชเป็นส่วนน้อยและเซลล์ของ lenticel ก็เป็น cork cell ด้วยไอน้ำจึงออกมาได้น้อย

ปัจจัยในการควบคุมการคายน้ำ

ใบไม้จะคายน้ำได้ช้าหรือเร็ว มากหรือน้อย ย่อมขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมภายนอกและสภาพภายในของพืชเอง คือ

1. แสงสว่าง ถ้าความเข้มของแสงสว่างมากจะช่วยให้การคายน้ำมีอัตราสูงขึ้นเพราะว่า

แสงสว่างทำให้ปากใบเปิดกว้างขึ้น เนื่องจากที่เซลล์คุมมีเมคคโลโรพลาสต์อยู่ ซึ่งจะดูดเอาพลังงานแสงสว่างไปทำการสังเคราะห์แสง เกิดเป็นน้ำตาลมากขึ้น และน้ำตาลนี้จะละลายน้ำได้กลายเป็นสารละลาย จึงทำให้เซลล์คุมมีสารละลายเข้มข้นขึ้นกว่าเซลล์ข้างเคียง ดังนั้นสารละลายในเซลล์ก็มีแรงดันออสโมติกเพิ่มขึ้น ทำให้ D.P.D. ของน้ำในเซลล์คุมสูงขึ้น และสูงกว่า D.P.D. ของน้ำในเซลล์ข้างเคียงด้วย (ซึ่งแต่เดิม ก่อนทำการสังเคราะห์แสง D.P.D. ของน้ำในเซลล์คุมกับเซลล์ข้างเคียงเท่ากัน) น้ำในเซลล์ข้างเคียงจึงแพร่เข้าไปในเซลล์คุมได้ เมื่อมีการแพร่มาก ๆ เข้าทำให้ turgor pressure ในเซลล์คุมสูงขึ้นเรื่อย ๆ จึงไปดันให้เซลล์คุมพองตัวเต่งขึ้น แต่เนื่องจากผนังด้านนอกของเซลล์คุมบางและอ่อนนุ่มกว่าด้านใน จึงทำให้ผนังด้านนอกของเซลล์คุมนั้นโค้งออกไปมาก พร้อมทั้งดึงเอาผนังด้านใน ซึ่งหนากว่าแต่ยืดหยุ่นได้โค้งตามออกไปด้วย จึงทำให้ปากใบเปิดกว้างออก ใบก็คายน้ำได้มากขึ้นและรากก็จะดูดน้ำขึ้นมาให้ทันกับปริมาณที่ระเหยไป ใบจึงเต่งอยู่ได้ ถ้าหากรากดูดส่งขึ้นมาไม่ทัน ใบและเซลล์คุมจะเหี่ยวเพราะเสียน้ำไปมาก ผนังด้านในของเซลล์คุมก็จะหดตัวทำให้ปากใบปิด น้ำจึงหยุดระเหยออกจากใบ ดังนั้น การเหี่ยวของใบไม้บางชนิดในเวลากลางวัน จึงเป็นการป้องกันอันตรายจากการเสียน้ำจากใบได้เป็นอย่างดี

จากรายงานในระยะหลัง ๆ นี้พบว่า การสังเคราะห์แสงในเซลล์คุมนั้น เกิดน้ำตาลขึ้นไม่มากนัก แต่น้ำตาลส่วนใหญ่เกิดจากการย่อยแป้งที่สะสมไว้ เนื่องจากแสงที่ทำให้ pH ของเอนไซม์ ที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนแปลงเป็นค่าไปจึงย่อยแป้งเป็นน้ำตาลได้มาก

การปิดเปิดปากใบนอกจากจะเกิดจาก turgor pressure แล้ว ยังเกิดจากเหตุอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ดังเช่นในฤดูร้อน อากาศแห้งแล้ง ปากใบจะปิดเพราะแสงมากเกินไป ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในใบน้อยลง การสังเคราะห์แสงจึงเกิดขึ้นน้อยลงด้วย

แสงสว่างทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศรอบ ๆ ใบไม้และของใบไม้เองสูงขึ้น ทำให้น้ำกลายเป็นไอมากขึ้น ก็คายน้ำออกมามากด้วย

2. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิของบรรยากาศสูง จะทำให้ใบคายน้ำได้มากและรวดเร็วขึ้น ทั้งนี้เพราะว่า

(1) เมื่ออุณหภูมิสูง อุณหภูมิของน้ำในใบก็จะสูงขึ้น ทำให้น้ำระเหยเป็นไอดี้ง่ายและเร็วขึ้น จึงระเหยออกไปจากใบได้มากและเร็วขึ้นด้วย

(2) เมื่ออุณหภูมิสูง อากาศภายนอกสามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้มากขึ้น เช่นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อากาศภายนอกสามารถอุ้มน้ำไว้ได้เป็น 2 เท่าของอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นต้น ซึ่งอุณหภูมิของบรรยากาศยังเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งช่วยในการเปิดปากใบด้วยพืชบางชนิด ปากใบเปิดได้ดีที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ปากใบจะเปิดได้น้อยลง และถ้าอุณหภูมิต่ำ เช่น ที่อุณหภูมิจุดเยือกแข็งหรือใกล้จุดเยือกแข็ง ปากใบก็จะปิดหมด พืชบางชนิด ปากใบจะเปิดได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูง เช่น ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นต้น การที่ปากใบเปิดได้มากหรือน้อยอย่างไรนั้น ก็มีผลทำให้การคายน้ำเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยตามลำดับนั่นเอง

3. ความชื้น ถ้าหากความชื้นในบรรยากาศมีน้อย คือ อากาศแห้ง เช่น ในหน้าแล้งหรือตอนกลางวัน ความชื้นในบรรยากาศจึงแตกต่างกับความชื้นในช่องว่างที่อากาศในใบมาก (ซึ่งมีช่องว่างอากาศในใบนี้จะมีไอน้ำอิ่มตัวอยู่ตลอดเวลา) ทำให้การคายน้ำเกิดขึ้นได้มากและรวดเร็ว ถ้าความชื้นในบรรยากาศมีมากขึ้น คือ อากาศชื้น เช่น ในหน้าฝน หรือตอนเช้ามีด หรือตอนก่อนและหลังฝนตกใหม่ ๆ ใบจะคายน้ำได้น้อยและช้าลง ตามทฤษฎีถ้าความชื้นอิ่มตัวใบไม่ควรจะคายน้ำเลย ซึ่งก็เป็นความจริง กล่าวคือ ใบจะไม่คายน้ำออกมาเป็นไอน้ำ แต่มันคายมาเป็นหยดน้ำอย่างหนึ่งที่เรียกว่า Guttation นั่นเอง

4. ลม โดยทั่วไปทำให้พืชคายน้ำได้มากขึ้น โดยที่ลมช่วยพัดพาไอน้ำที่ระเหยออกมาจากใบและอยู่บริเวณรอบ ๆ ใบให้พ้นไปจากผิวบริเวณนั้นจึงมีไอน้ำน้อยหรือมีอากาศแห้งเข้ามาแทนที่ ก็สามารถรับไอน้ำจากใบได้อีก ดังนั้น ใบจึงคายน้ำออกมาได้เรื่อย ๆ ตามหลักของการแพร่ การที่มีลมพัดยังทำให้ใบเคลื่อนไหวอีกด้วย ซึ่งเป็นผลให้เซลล์ mesophyll มีการเคลื่อนไหว จึงช่วยไล่ไอน้ำใน mesophyll ออกมามากขึ้น การคายน้ำก็มีอัตราสูงขึ้น แต่ถ้าลมแรงมากจนเป็นพายุ ปากใบมักจะปิด การคายน้ำก็ลดลง และถ้าไม่มีลมหรือลมสงบไอน้ำที่คายออกมาจากปากใบก็จะยังคงอยู่ในบรรยากาศใกล้ ๆ ผิวใบนั่นเอง จึงทำให้บรรยากาศรอบ ๆ ใบมีไอน้ำสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ เมื่อเป็นเช่นนี้จะทำให้อัตราของการคายน้ำต่ำลงไป

5. ความอุดมสมบูรณ์ของน้ำในดิน ถ้าในดินมีน้ำมากหรือดินแฉะ และสภาพอื่น ๆ ก็เหมาะสมกับการคายน้ำ น้ำในดินจะถูกดูดและ

ลำเลียงไปยังใบได้มากและตลอดเวลาก็จะทำให้ใบคายน้ำได้มาก แต่ถ้าน้ำในดินน้อยหรือดินแห้ง แม้ว่าสภาพอื่น ๆ จะเหมาะสมกับการคายน้ำมาก อย่างไรก็ตามการคายน้ำก็เกิดขึ้นได้น้อย เพราะเมื่อดินแห้งก็ไม่มีน้ำที่จะลำเลียงขึ้นไปยังใบ ใบจึงขาดน้ำที่จะระเหยออกไปได้อันนี้ สภาพอื่น ๆ ที่เหมาะสมแก่การคายน้ำที่กล่าวถึงนั้น ได้แก่ ความสามารถของรากในการดูดน้ำจากดิน คุณสมบัติของดิน ความเข้มข้นของสารละลายในดิน เป็นต้น

6.ความกดดันของบรรยากาศ ในที่ที่มีความกดดันของบรรยากาศต่ำ อากาศจะบางลงและความแน่นน้อย เป็นโอกาสให้น้ำแพร่ออกไปจากใบได้ง่าย อัตราของการคายน้ำก็สูง แต่ถ้าความดันของบรรยากาศสูง ใบก็จะคายน้ำได้น้อยลง

7.ลักษณะและโครงสร้างของใบ ส่วนประกอบและโครงสร้างของใบที่ไม่เหมือนกัน ทำให้การคายน้ำผิดกัน พืชบางชนิดมีปากใบบุ๋มเข้าไปในเนื้อของใบทำให้เกิดเป็นห้องเล็ก ๆ เหมือนปากใบที่เรียกว่า sunken stoma เมื่อไอน้ำระเหยมาก็จะอยู่ในห้องนี้ก่อนที่จะระเหยออกสู่อากาศภายนอก ทำให้ภายในห้องมีความชื้นสูง น้ำจากใบก็จะระเหยยากเข้า เป็นการปรับตัวเองของพืช เพื่อสงวนน้ำเอาไว้ไม่ให้เสียไปมาก เพราะพืชพวกนี้มักขึ้นในที่แห้งแล้ง ซึ่งเรียกว่า Xerophyte พวกนี้ยังมักมีใบเล็กเพื่อให้มีผิวระเหยน้ำได้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้อีกด้วย และบางทีก็อาจจะกลายเป็นหนามไปหมดก็มี ลำต้นจึงมีสีเขียวและมีปากใบแทน แต่ก็ยังเป็นจำนวนน้อยกว่าบนใบมาก Cuticle และ epidermis มักจะหนาเพื่อช่วยป้องกันน้ำระเหยได้เป็นอย่างดี ส่วนพืชบางชนิดที่ขึ้นอยู่ในที่ชุ่มชื้นหรือน้ำซึ่งเรียกว่า Hydrophyte มักจะมีปากใบเรียงตามผิว หรือสูงขึ้นมาจากใบอย่างที่เราเรียกว่า raised stoma และใบมักใหญ่ จึงทำให้มีการคายน้ำออกมามาก เพราะมีเนื้อใสมากมายแล้ว เนื่องจากดูดน้ำส่งขึ้นมาให้ได้ตลอดเวลาไม่จำเป็นต้องสงวนน้ำเอาไว้ พืชที่ขึ้นบนบกที่มีน้ำพอสมควร กล่าวคือ ไม่แห้งหรือแฉะเกินไป ที่เรียกว่า Mesophyte จะมีลักษณะปานกลางระหว่าง xerophyte กับ hydrophyte เช่น ใบมีขนาดพอสมควร นอกจากส่วนประกอบและโครงสร้างของใบที่ไม่เหมือนกัน ทำให้การคายน้ำผิดกันไปแล้วก็ยังขึ้นอยู่กับจำนวนของปากใบด้วยว่ามีมากน้อยเพียงใด

การลำเลียงน้ำของพืช

น้ำเป็นสารที่มีความสำคัญต่อการลำเลียงในพืชเช่นเดียวกับการลำเลียงในสัตว์ การลำเลียงน้ำ

การลำเลียงแร่ธาตุ และการลำเลียงอาหารเป็นการลำเลียงหลักในพืชบก ปัญหาในการลำเลียงสาร ต่างๆ

ไปยังเซลล์ เนื่องจากสารต่างๆ ต้องละลายในน้ำ

ความสำคัญของน้ำต่อพืช

1. น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญภายในเซลล์พืช ใบพืชล้มลุกจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากกว่าพืชยืนต้น คือมีถึงร้อยละ 80-90 ของน้ำหนักสด ส่วนพืชยืนต้นมีประมาณร้อยละ 30-50 นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำในพืชยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อายุชนิดของเนื้อเยื่อและอวัยวะของพืชด้วย เนื้อเยื่อที่อ่อนจะมีน้ำมากกว่าเนื้อเยื่อที่แก่ เป็นต้น
2. น้ำช่วยให้เซลล์พืชเต่ง ทำให้เซลล์มีรูปร่างคงตัว เมื่อพืชขาดน้ำทำให้เหี่ยวเฉา น้ำในพืชยังช่วยให้เกิดการเปิดปิดของปากใบและการเคลื่อนไหวของพืชด้วย
3. น้ำเป็นตัวทำละลาย เช่น ละลายแร่ธาตุต่างๆ ทำให้การลำเลียงแร่ธาตุของพืช ละลายสารอาหาร เช่น กลูโคส ซูโครส ทำให้เกิดการลำเลียงสารอาหารในพืช
4. น้ำเป็นตัวร่วมในปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น การย่อยแบ่งเป็นน้ำตาล การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งต้องใช้ น้ำเป็นวัตถุดิบร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
5. น้ำทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของเซลล์ และลำต้นพืช พืชโดยทั่วไปอยู่กลางแจ้งตลอดเวลา ดังนั้นจึงได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก การคายน้ำของพืชช่วยในการระบายความร้อนให้พืช เนื่องจากน้ำมีความร้อนจำเพาะสูง การระเหยของน้ำออกจากพืช ต้องมีการเปลี่ยนสถานะจากน้ำในรูปของเหลวให้เป็นไอซึ่งต้องใช้ปริมาณความร้อนถึง 540 แคลอรีต่อกรัม จึงทำให้อุณหภูมิภายในต้นพืชไม่เปลี่ยนแปลงมากนักไม่ว่าอุณหภูมิภายนอกจะร้อนหรือเย็น

การลำเลียงน้ำ (WATER CONDUCTION)

การลำเลียงน้ำ รวมทั้งเกลือแร่ อาหาร และสิ่งต่างๆในพืชนั้นอาจจำแนกได้เป็น 4 อย่างตามอัตราความเร็วที่เกิดขึ้น คือ

1. ลำเลียงไปอย่างช้ามาก โดย การแพร่ ของอณูและไอออนจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง
2. ลำเลียงไปเรื่อยๆ โดยอาศัย Cytoplasmic (protoplasmic) streaming ภายในเซลล์
3. ลำเลียงไปค่อนข้างเร็ว โดย การไหล (Flow) ไปใน sieve tube ของ phloem
4. ลำเลียงไปรวดเร็วมาก เป็นการลำเลียงน้ำและเกลือแร่ใน xylem

รากพืชโดยทั่วไปจะแตกออกเป็นรากแขนงเล็ก ๆ ที่บริเวณส่วนปลายของรากเรียกว่า บริเวณขนราก จะมีขนรากมากทำให้เพิ่มพื้นที่สัมผัสกับน้ำ ขนรากดูดน้ำโดยกระบวนการออสโมซิส ที่ยื่นออกมาและเป็นส่วนของเซลล์ที่ติดต่อกันตลอดเพราะเป็นเซลล์เดียวกัน เซลล์เอพิเดอร์มิสที่มีขนรากที่ยังอ่อนอยู่จะมีแวคิวโอลขนาดเล็กหลาย ๆ อัน เมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นแวคิวโอลจะรวมกันเป็นแวคิวโอลขนาดใหญ่ ภายในแวคิวโอลมีสารละลายบรรจุอยู่เต็ม สารละลายนี้มีความเข้มข้นค่อนข้างสูงเพราะมีสารต่างละลายอยู่มากในสภาวะปกติสารละลายที่อยู่รอบรากโดยแทรกอยู่ในช่องอากาศของดินจะมีความเข้มข้นน้อยกว่าสารละลายภายในราก น้ำแพร่เข้าสู่ขนรากได้ตลอดเวลา ความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายภายในรากและภายในดินจะเป็นปัจจัยสำคัญในการดูดน้ำของพืช ถ้าหากความเข้มข้นของสารละลายในดินสูง พืชจะดูดน้ำได้ยากและยิ่งสูงมาก ๆ พืชยิ่งดูดน้ำไม่ได้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมากจะมีผลต่อความเข้มข้นของสารละลายในดินไม่มากนัก หากใส่ปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ในปริมาณมากทำให้สารละลายรอบ ๆ รากมีความเข้มข้นมาก เพราะละลายน้ำได้ดี ทำให้พืชอาจตายได้ นอกจากนี้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ละลายน้ำได้ดีจะไหลซึมไปยังบริเวณอื่นทำให้สูญเสีย

จากการศึกษาโครงสร้างภายในของรากทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในรากเริ่มตั้งแต่ขนรากของเซลล์เอพิเดอร์มิส ผ่านเข้าสู่ชั้นคอร์เทกซ์ซึ่งมีชั้นเอนโดเดอร์มิสเป็นชั้นในสุด ผ่านเพริไซเคิลและเข้าสู่ไซเลมตามลำดับการเคลื่อนที่ของน้ำเป็นไปในแนวรัศมีรอบส่วนของรากจากภายนอกเข้าสู่ภายใน น้ำเคลื่อนเข้าสู่รากได้ 2 วิธีคือ

1. วิถีอะพوپลาสต์ (apoplasmic pathway) เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำที่ผ่านช่องระหว่างผนังเซลล์ในชั้นคอร์เทกซ์และผ่านเซลล์ที่ไม่มีชีวิต (ยกเว้นเอนโดเดอร์มิส) คือเทรคีด และเวสเซล ระบบอะพوپลาสต์ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่ในคอร์เทกซ์และในไซเลม โดยมีชั้นเอนโดเดอร์มิสของคอร์เทกซ์เป็นตัวกั้น
2. วิถีซิมพลาสต์ (symplasmic pathway) เป็นระบบที่ผ่านโพทอพลาซึมของเซลล์โดยโพทอพลาซึมของเซลล์แต่ละเซลล์จะเชื่อมต่อกันด้วยท่อเล็ก ๆ เรียกว่าพลาสโมเดสมาตา น้ำเมื่อผ่านเยื่อหุ้มเซลล์แล้วผ่านจากโพทอพลาซึมไปยังคอร์เทกซ์ น้ำส่วนใหญ่ผ่านไปตามผนังเซลล์เมื่อถึงเอนโดเดอร์มิสไม่สามารถผ่านไปได้อีก เนื่องจากมีสารซูเบอรินเคลือบอยู่เรียกว่าแคสพาเรียนสติฟ โมเลกุลของน้ำจึงต้องผ่านโพทอพลาซึมแล้วจึงเข้าสู่เพริไซเคิลและไซเลมต่อไป

กลไกการลำเลียงน้ำของพืช

1. ออสโมซิส (Osmosis) ถ้าระยะที่น้ำจะขึ้นไปไม่ไกลนัก เซลล์ที่อยู่สูงจะมี D.P.D. ของมันสูงกว่าเซลล์ที่อยู่ต่ำ น้ำก็จะแพร่จากที่มี D.P.D. ต่ำไปยังที่มี D.P.D. สูงได้ จึงเป็นการลำเลียงน้ำ
2. แร่งดันราก (Root pressure) ต้นไม้ถ้าตัดให้เหลือแต่ตอเหนือดินเล็กน้อย ขณะที่มันกำลังมีการคายน้ำจะเห็นรอยต่อของตอไม่มีของเหลว (Secreted sap) ไหลซึมออกมาเรื่อยๆ เมื่อเอาปลายหนึ่งของท่อยางต่อเข้ากับตอไม้ ส่วนอีกปลายหนึ่งของท่อยางต่อกับหลอดแก้วซึ่งมีปรอทขังอยู่ เมื่อทิ้งไว้นานระดับปรอททางขวาจะสูงกว่าทางซ้าย เนื่องจากมีของเหลวออกมาจากต้นไม้ไหลดันเข้าไปในหลอดแก้ว และดันปรอทให้เคลื่อนที่ไปทางขวาจนขึ้นสูงกว่าทางซ้ายเรื่อยๆแสดงว่ามีแรงดันขึ้นในต้นไม้ (ราก) แล้วของเหลวดันให้ไหลขึ้นไปดันปรอทอีกทีหนึ่ง แรงดันอันนี้ เรียกว่า แรงดันราก (Root pressure) วิธีการของการเกิดแรงดันรากนี้ มันเกิดขึ้นได้เพราะภายในเซลล์ของพืชมีแรงดันออสโมติคสูงกว่าของสารละลายในดิน และน้ำในเซลล์ของพืชก็มี D.P.D. สูงกว่าของน้ำในดิน ปริมาณของแรงดันรากตามปกติมักไม่เกิน 2 บรรยากาศ แต่ของพืชบางชนิดพบว่ามีถึง 10 บรรยากาศ ตามปกติแล้ว 1 บรรยากาศสามารถดันให้น้ำขึ้นไปได้สูง 32 ฟุต
3. Transpiration pull หมายถึง แรงดึงที่เกิดขึ้นจากการคายน้ำของพืช เป็นวิธีลำเลียงน้ำได้ดีของพืชทุกชนิดและทุกขนาดตามปกติใบจะคายน้ำออกไปเรื่อยๆทำให้เซลล์ของใบขาดน้ำไป จึงเกิดแรงดึงๆน้ำจากข้างล่างขึ้นมาแทน
4. Capillary action เมื่อเราเอาหลอดแก้วเล็กๆ หลายๆหลอดที่มีขนาดของรูต่างๆกันจุ่มลงในอ่างน้ำ จะปรากฏว่าน้ำเข้าไปในหลอดแก้วระดับต่างกัน โดยหลอดแก้วที่มีรูเล็กที่สุดจะมีระดับน้ำสูงชันกว่าหลอดอื่นๆ การที่น้ำผ่านขึ้นไปในหลอดแก้วได้เพราะแรงดึงดูดระหว่างอนุของน้ำกับผนังด้านข้างของหลอดแก้วนั้น เรียกว่า Adhesion Xylem ในพืชก็คล้ายๆกับหลอดแก้ว คือ เป็นท่อเล็กมาก ฉะนั้นน้ำจึงสามารถขึ้นไปในท่อ xylem ได้สูงหลายฟุต โดยอาศัย capillary action

การลำเลียงสารอาหารของพืช (Translocation of Solute)

ในพืชทั่วไปพบว่ามีส่วนของพืชที่เป็นจำนวนมากที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงจำเป็นต้องอาศัยอาหารที่สังเคราะห์ขึ้นจากส่วนอื่นที่ไม่ใช่คลอโรฟิลล์ ดังนั้นสารหรือตัวถูกละลายต่างๆที่เกิดขึ้นมีการเคลื่อนย้ายอยู่เสมอการเคลื่อนย้ายสารจากส่วนหนึ่งไปอีกส่วนหนึ่งของพืชเรียกว่า translocation of solute พืชที่งอกใหม่ๆกำลัง active ที่สุด จึงต้องมีการลำเลียงตัวถูกละลายหรืออาหารที่ละลายได้จากแหล่งเก็บ (ใบเลี้ยง หรือendosperm)ไปส่วน เช่น ที่ปลายราก ปลายยอด การสังเคราะห์ด้วยแสง จะได้คาร์โบไฮเดรต พวกแป้ง และน้ำตาล ซึ่งสามารถทดสอบสารอาหารเหล่านั้นได้ อาหารเหล่านี้ส่งไปเก็บตามส่วนต่างๆของพืชได้ โดยพืชบางชนิดเก็บอาหารไว้ที่ราก พืชบางชนิดเก็บอาหารไว้ตามลำต้น แสดงว่าพืชสามารถลำเลียงอาหารจากด้านบนลงล่าง และล่างขึ้นบนได้

การลำเลียงสารต่างๆ และไปในทิศทางต่างๆในพืชนั้น จำแนกได้ดังนี้ คือ

1. Upward translocation of mineral salts ไม่ว่าจะเป็น Xylem หรือ Phloem มีพวกเกลือแร่อยู่ด้วยทั้งนั้น การลำเลียงเกลือแร่นี้เป็นการลำเลียงขึ้นข้างบนโดยไปทาง Xylem เมื่อตัดเอา Xylem ออก การลำเลียงเกลือแร่จะหยุดชะงักลง P.R.Stout และ D.R.Hoagland เมื่อ ค.ศ.1939 โดยทำการทดลองแสดงไว้ โดยปลูกต้นไม้ในกระถางที่มี radioactive K^+ อยู่แล้วแยก Xylem กับ Phloem ในกิ่งหนึ่งออกจากกัน ใช้กระดาษชุบพาราฟิน สอดเข้าไปในรอยแตกจากข้างหนึ่ง ส่วนอีกกิ่งก็แยก Xylem กับ Phloem ออกจากกัน ภายในเนื้อเยื่อทุกชนิดทั้ง Xylem มี radioactive K^+ ที่อยู่ใน Xylem น้อยมากทีเดียว แสดงว่าเกลือแร่ส่วนใหญ่ลำเลียงไปทาง Xylem มากกว่า Phloem หลายสิบเท่า เมื่อ Phloem กับ Xylem มาเชื่อมกัน radioactive K^+ ที่อยู่ใน Xylem มาก มีการเคลื่อนย้ายจาก Xylem ไปยัง Phloem โดยวิธี Lateral translocation
2. Upward translocation of organic solutes organic solute ส่วนใหญ่เป็นพวกคาร์โบไฮเดรต (จากการสังเคราะห์แสง) พวกกรดอินทรีย์ โปรตีน กรดอะมิโน ฮอริโมน และวิตามิน ต่างๆ มีการลำเลียงขึ้นข้างบนโดยทาง Phloem เพื่อไปเลี้ยงส่วนที่ยังอ่อนอยู่ เช่น ที่ยอดมีการทดลองว่าลำเลียงไปทาง Phloem ดังนี้คือ เอายอดไม้มา 2 ยอดเท่าๆกัน ยอดหนึ่งขั้วลำต้นเอาเปลือกไม้ซึ่งมี Phloem อยู่ ออกโดยรอบ ส่วนอีกยอดหนึ่งก็กรีดเปลือกไม้ของลำต้น แล้วตัดเอาแก่นไม้ซึ่งเป็น Xylem ทั้งหมดทิ้งไป จากนั้นก็กรอกน้ำลงไปในหลอดแก้วเพื่อหล่อเลี้ยงไม่ให้เนื้อเยื่อแห้งและตายไปดังกล่าวแล้ว ทั้งใช้ประมาณ 2-3 สัปดาห์ จะพบว่ายอดที่ตัดเอา Phloem ทิ้งไปจะไม่เจริญเติบโตส่วนยอดที่เอา Xylem ออกไปยังคงเจริญเติบโตงอกงามได้ดี จึงแสดงว่าการลำเลียงอินทรียสารไปเลี้ยงยังส่วนยอดนั้นไปทาง Phloem
3. Downward translocation of organic solutes เป็นการลำเลียงพวกอินทรียสารลงข้างล่าง ทาง Phloem มีน้อยมากที่ลำเลียงไปทาง Xylem โดยมีการทดลอง ขั้วลำต้นเอาเปลือกไม้ซึ่งมี Phloem อยู่ด้วยออกไปทั้งไว้นานๆ ตรงบริเวณที่อยู่เหนือรอยขั้ว เมื่อตรวจดูก็จะปรากฏว่ามีอาหารพวกอินทรียสารสะสมอยู่
4. Outward translocation of salts from leaves เป็นการลำเลียงพวกเกลืออื่นๆ เนื้อเยื่อใดทำหน้าที่ลำเลียง แสดงถึงความสามารถในการเคลื่อนย้าย (Mobility) ของธาตุอีกด้วย การลำเลียงนี้เป็นไปได้เมื่อกำหนดใบสมบูรณ์ดี แต่ถ้าเอาใบน้ำร้อนๆ มาพ่นที่ก้านใบก็จะไปยับยั้งการลำเลียงธาตุออกจากใบ จึงแสดงให้เห็นว่าการลำเลียงนั้นไปทาง Phloem หรืออาจทำการทดลองโดยการแยกเนื้อเยื่อ Phloem กับ Xylem ออกจากกัน จะพบว่าการลำเลียงออกมาทาง Phloem จึงเป็นการยืนยันว่า การลำเลียงธาตุหรือเกลือต่างๆ ออกจากใบไปทาง Phloem เท่านั้น
5. Lateral translocation of solutes เป็นการลำเลียงอินทรียสารและอนินทรียสารไปทางด้านข้างของลำต้น การลำเลียงประเภทนี้จะผ่านไปในทาง Vascular ray cell ในพืชบางชนิดมี Lateral translocation ไม่สู้ดีนัก ซึ่งถ้าตัดด้านหนึ่งด้านใดของลำต้นหรือกิ่งออก จะทำให้การเจริญเติบโตของด้านนั้นไม่ดีเท่าอีกด้านหนึ่ง หรือถ้าตัดรอบต้นก็จะคอด

กลไกของการลำเลียงไปทาง Phloem

ต้องมีลักษณะพิเศษ คือ

1. เซลล์ต้องมีชีวิต เพราะถ้าเซลล์ของ Phloem ตายไปการลำเลียงก็หยุดชะงักลงทันที
2. การลำเลียงเป็นไปได้ทั้งสองทาง มีทั้งขึ้นและลง อาจจะขึ้นคนละเวลาก็ได้
3. สามารถลำเลียงได้เป็นปริมาณมากๆ
4. อัตราความเร็วของการลำเลียงสูง การลำเลียงประเภทนี้เกิดขึ้นด้วยความเร็วสูง
5. การลำเลียงเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว บางเวลาเกิดขึ้นเร็ว บางเวลาก็เกิดขึ้นได้ช้า ก็ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของวัน (กลางวันหรือกลางคืน)

คุณสมบัติทั้ง 5 ข้อ ดังกล่าวมีทฤษฎีอธิบายไว้มาก แต่ทว่าไม่มีทฤษฎีใดเป็นที่ยอมรับกันแน่นอน

การลำเลียงโดยทาง Phloem นี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และปริมาณของ ออกซิเจนด้วยกล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิต่ำ ออกซิเจนน้อย การลำเลียงจะเกิดขึ้นช้าหรืออาจไม่เกิดเลย แต่ถ้าอุณหภูมิสูงและมีออกซิเจนเพียงพอ การลำเลียงดังกล่าวก็จะเกิดขึ้นเร็ว

สำหรับกลไกของการลำเลียงอาหารทางโฟลเอ็มนั้น มีอยู่ 2 สมมติฐาน

1. สมมติฐานการไหลของมวลสาร

อธิบายการลำเลียงอาหารในโฟลเอ็มว่าเกิดจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกของความเข้มข้นน้ำตาลระหว่างใบกับราก โดยเซลล์ของใบซึ่งทำการสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้ำตาลทำให้มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง น้ำตาลจึงถูกลำเลียงไปเซลล์ข้างเดียว ทำให้มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงตามไปด้วยอย่างรวดเร็ว และจะมีการลำเลียงน้ำตาลตายไปยังเซลล์ต่อไป จนถึงโฟลเอ็ม แล้วเกิดแรงดันให้โมเลกุลน้ำตาลเคลื่อนไปตามโฟลเอ็ม ไปยังเนื้อเยื่อที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลน้อยกว่า เช่น เซลล์ที่ราก น้ำตาลยังคงเคลื่อนที่ต่อไปได้ ตราบใดที่ความเข้มข้นของน้ำตาลยังแตกต่างกันอยู่

2. สมมติฐานการไหลเวียนของไซโทพลาสซึม (Cytoplasmic streaming)

จากสมมติฐานของมินซ์ไม่สามารถอธิบายข้อเท็จจริงบางอย่างได้ เช่น การเคลื่อนที่ของซูโครสที่เกิดได้เร็วมากเกินกว่าจะเกิดโดยวิธีแพร่ นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษจึงได้ตั้งสมมติฐานนี้โดยอธิบายว่า การเคลื่อนที่ของไซโทพลาสซึมภายในซีฟทิวบ์เมมเบอร์ ทำให้อาหารเคลื่อนที่ไปรอบๆเซลล์จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง แล้วผ่านต่อไปยังซีฟทิวบ์เมมเบอร์ที่อยู่ใกล้เคียงทางซีฟเพลต ทิศทางการเคลื่อนที่ในซีฟทิวบ์เมมเบอร์มีทั้งขึ้นและลง

การไหลของสารอาหารเนื่องจากแรงดัน (pressure folw)

การไหลของสารอาหารโดยวิธีนี้ศึกษา และเสนอทฤษฎีโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ อีมินจ์ (E. Munch) เมื่อปี พ.ศ. 2473 คือ ทฤษฎีแรงดันเต่ง (pressure flow theory) มีกลไกที่สำคัญคือ

เซลล์ในชั้นเมโซฟิลล์ (mesophyll) ของใบสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้ำตาลกลูโคสมากขึ้น น้ำตาลกลูโคสเคลื่อนจากเซลล์เมโซฟิลล์เข้าสู่เซลล์ท่อหุ้มกลุ่มท่อลำเลียง (bundle sheath cell)

น้ำตาลกลูโคสในเซลล์ท่อหุ้มกลุ่มท่อลำเลียง เปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส ทำให้มีการสะสมน้ำตาลซูโครสมากขึ้นเกิดการขนส่งซูโครสแบบแอกทิฟทรานสปอร์ตจากเซลล์ท่อหุ้มกลุ่มท่อลำเลียงเข้าสู่ไซโทพลาสซึมของซีฟทิวบ์ซึ่งต้องมีการใช้พลังงานจาก ATP จำนวนมาก

การสะสมของน้ำตาลซูโครสในซีฟทิวบ์ทำให้น้ำจากเซลล์ข้างเคียง เช่น เซลล์เมโซฟิลล์ เซลล์ท่อหุ้มกลุ่มท่อลำเลียงแพร่เข้าสู่ซีฟทิวบ์ ทำให้น้ำจากเซลล์ข้างเคียง เช่น เซลล์เมโซฟิลล์ เซลล์ท่อหุ้มกลุ่มท่อลำเลียงแพร่เข้าสู่ซีฟทิวบ์ ทำให้ซีฟทิวบ์มีแรงดันเพิ่มขึ้นทำให้ดัน

สารละลายในซีฟทิวบ์เคลื่อนผ่านซีฟทิวบ์ที่เรียงติดกันจากแผ่นใบเข้าสู่ก้านใบ กิ่ง และ ลำต้นของพืชตามลำดับ

สารอาหารที่ผลิตได้จะเคลื่อนตัวจากใบไปยังส่วนต่างๆ เพื่อใช้หรือสะสม เช่น สะสมที่รากดังนั้นที่ใบจึงมีความเข้มข้นของสารอาหารสูงกว่าบริเวณราก การลำเลียงจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากใบสู่ราก ที่เซลล์รากมีการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งซึ่งไม่ละลายน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำตาลในรากจึงต่ำอยู่เสมอ การลำเลียงสารอาหารจึงเกิดขึ้นได้เรื่อยๆ ส่วนน้ำที่ลำเลียงมาด้วยก็จะแพร่จากซีฟทิวบ์เข้าสู่

ไซเลมหรือเซลล์ข้างๆ ได้

ความเร็วของการลำเลียงขึ้นอยู่กับแรงดันภายในท่อต้นทาง คือ ที่ใบ และ ท่อปลายทาง คือ ที่ราก ถ้าที่ใบมีแรงดันภายในโฟลเอ็มมาก (สังเคราะห์ด้วยแสงมากสร้างน้ำตาลมาก) และที่รากมีแรงดันภายในโฟลเอ็มน้อย (มีการใช้น้ำตาล และสะสมแป้งมาก) การลำเลียงอาหารก็จะเกิดขึ้นได้เร็ว

นอกจากนี้ อุณหภูมิที่พอเหมาะแก้ออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และแสงสว่างก็เป็นปัจจัยสำคัญในการลำเลียงสารอาหารของพืชด้วย การเกิดแคลโลส (callose) ซึ่งเป็นพอลิกลีแซคคาไรด์ของกลูโคสเกาะผนังของซีฟทิวบ์ทำให้ช่องลำเลียงแคบลง ก็ทำให้การลำเลียงอาหารช้าลงด้วย ภายในซีฟทิวบ์เองก็มีเส้นใยโปรตีนเรียงตัวตามแนวยาวจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งทำให้สารอาหารเคลื่อนย้ายสะดวกเพราะเส้นใยโปรตีนเรียงตัวอย่างมีระเบียบ การเกิดบาดแผลของพืช เช่น ถูกตัด ฟัน หรือกิ่งหักจะทำให้เส้นใยโปรตีนในซีฟทิวบ์ไม่เป็นระเบียบ และพันกัน ทำให้เกิดการอุดตันของท่อทางเดินอาหารทำให้ลดการสูญเสียสารอาหารของพืชทางบาดแผลได้

อ้างอิงจาก

1.http://www.ds.ac.th/~nongluck/homepage_nongluck/lesson3/menu_lesson3.html

