ใบความรู้ เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำ

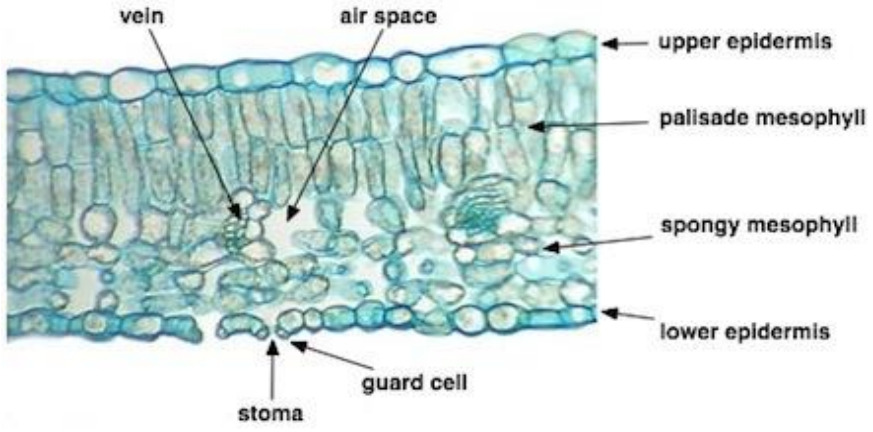
การแลกเปลี่ยนแก๊สในพืช

จากการศึกษาโครงสร้างภายในของใบพบว่า ในชั้นมีโซฟิลล์ของพืชประกอบด้วยพาลิเซดเซลล์และสปันจีเซลล์ ชั้นสปันจีเซลล์จะอยู่ระหว่างพาลิเซดเซลล์กับเอพิเดอร์มิสด้านล่าง โดยเรียงตัวกันอยู่หลวมๆ ทำให้มีช่องว่างระหว่างเซลล์เป็นจำนวนมาก ในขณะเดียวกันพื้นที่ผิวของสปันจีเซลล์ก็ได้สัมผัสกับอากาศภายในช่องว่างมากด้วย ทำให้เกิดผลดีคือ

1. บริเวณสปันจีเซลล์และช่องอากาศนี้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สสูงมากเพราะมีพื้นที่ผิวมาก และชุ่มชื้นตลอดในเวลากลางวัน
2. มีการถ่ายเทความร้อนได้เป็นอย่างดี เพราะภายในช่องอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เกือบ 100% เมื่อไอน้ำระเหยออกไปก็นำความร้อนในรูปของความร้อนแฝงของการเป็นไอออกไปด้วย เป็นการลดอุณหภูมิของใบให้ต่ำลง

ผิวใบของพืชประกอบด้วยเอพิเดอร์มิสด้านบน(upper epidermis) และเซลล์เอพิเดอร์มิสด้านล่าง (lower epidermis) ซึ่งปกติจะมีสารคิวตินเคลือบเอาไว้ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ทางด้านบนของใบจะมีสารคิวทินเหนือกว่าด้านล่าง จึงทำให้ผิวด้านบนเป็นมันกว่าผิวด้านล่าง

แก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ จะแพร่ออกจากใบได้ทางปากใบ(stoma) ปากใบของพืชแต่ละชนิดจะมีจำนวนไม่เท่ากัน โดยแตกต่างไปตามสภาพของสิ่งแวดล้อม และชนิดของพืชนั้นๆ ในใบเดียวกันผิวด้านบนและด้านล่างของใบจะมีจำนวนปากใบไม่เท่ากัน



ภาพ : โครงสร้างภายในของใบพืช

ที่มา : http://www.doctortee.com/dsu/tiftickjian/cse-img/botany/plant-anat/leaf/ligustrum-leaf-lab.jpg

สำหรับพืชบกปากใบจะอยู่ทางด้านล่างของใบเป็นส่วนใหญ่ ส่วนพืชใบปริ่มน้ำปากใบจะอยู่ด้านบน กระบองเพชรปากใบจะอยู่ตามลำต้น ในพืชบางชนิดที่ผิวของลำต้นยังมีเลนทิเซล(lenticel) อยู่ทั่วไป ทำให้อากาศผ่านเข้าออกได้

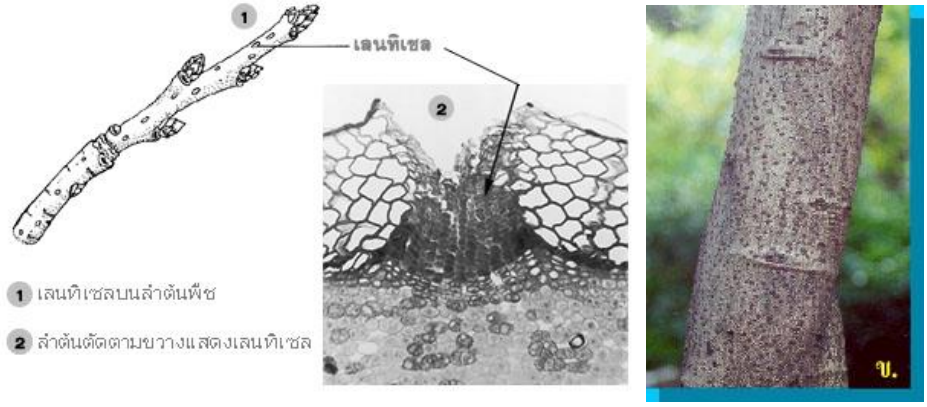
ที่รากของพืชก็มีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างขนรากและเซลล์ที่ผิวของรากโดยทั่วๆไป กับอากาศที่อยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดดิน ทำให้เซลล์ขนรากได้รับแก๊สออกซิเจนเพียงพอ ดังนั้นในการปลูกพืชจึงต้องหมั่นพรวนดินอยู่เสมอ พืชมีการหายใจอยู่ตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน เพราะเซลล์ที่มีชีวิตต้องการพลังงานเพื่อทำกิจกรรมตลอดเวลา

การคายน้ำของพืช

ในการสร้างอาหาร พืชต้องการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รากพืชดูดน้ำจากดินแล้วลำเลียงไปยังส่วนต่างๆทางไซเล็ม ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้นพืชจะได้จากกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้นพืชจะได้จากการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะแพร่เข้าไปในพืชทางรูปากใบ

ดังนั้นการเปิดหรือปิดของปากใบจึงมีบทบาทจึงมีบทบาทสำคัญต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สของพืช อย่างไรก็ตามเมื่อปากใบเปิดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส ผลที่ตามมาคือ พืชสูญเสียน้ำออกจากบรรยากาศภายนอกในรูปแบบไอน้ำผ่านทางรูปากใบ เรียกว่า การคายน้ำ(transpiration) กลไกของระบบนี้ทำให้เกิดแรงดึงจากการคายน้ำ (transpiration pull) ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้เกิดการลำเลียงน้ำภายใน ไซเล็ม

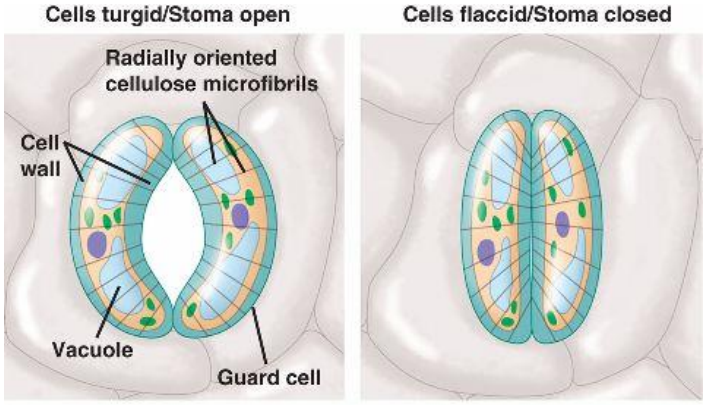
จะเห็นได้ว่าการเปิดปิดของปากใบของพืช มีจุดประสงค์เพื่อการแลกเปลี่ยนแก๊สไม่ใช่เพื่อการคายน้ำ แต่การคายน้ำและการลำเลียงน้ำในไซเล็ม ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงจากการคายน้ำนั้นเป็นผลต่อเนื่องที่เกิดขึ้นตามมา ดังนั้นการแลกเปลี่ยนแก๊สจึงทำให้พืชสามารถนำแก๊สคาร์บอนไอออกไซด์และน้ำในสภาพแวดล้อมมาใช้ในการสร้างอาหารได้ นอกจากนี้พืชยังอาจคายน้ำออกทางช่องอากาศหรือเลนทิเซล(lenticel) ซึ่งเป็นรอยแตกที่เปลือกของลำต้นพืช ที่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิ โดยมีพืชบางชนิดเท่านั้นที่พบเลนทิเซล ส่วนใหญ่พืชสูญเสียน้ำออกทางปากใบประมาณร้อยละ 90



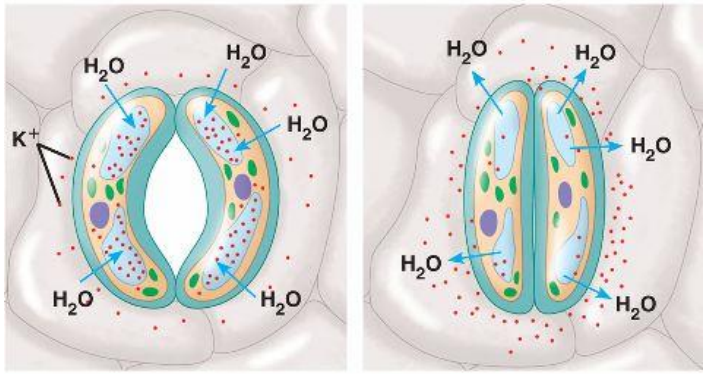
ภาพ : เลนทิเซล

ที่มา : http://www.myfirstbrain.com/thaidata/image.asp?ID=1630595

http://www.i-creativeweb.com/demo/biology/images/stories/lenticel2.jpg



(a) Changes in guard cell shape and stomatal opening and closing (surface view)



(b) Role of potassium in stomatal opening and closing

รูปากใบเปิดเมื่อเซลล์คุมเต่ง และปิดเมื่อเซลล์คุมสูญเสียความเต่ง การเต่งและการสูญเสียความเต่งของเซลล์คุมเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์เป็นปัจจัยกำหนดความเต่งของเซลล์คุม พบว่าเมื่อมีแสงจะมีการลำเลียงโพแทสเซียมไอออนเข้าสู่เซลล์คุมในปริมาณมากขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์คุมเพิ่มขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจึงแพร่เข้าสู่เซลล์คุม ทำให้เซลล์คุมเต่งมากขึ้น ซึ่งทำให้เซลล์คุมเปลี่ยนรูปไปทำให้รูปากใบเปิด ในทางตรงกันข้ามการลดปริมาณของโพแทสเซียมไอออนในเซลล์คุมทำให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ลดลง น้ำจะแพร่ออกจากเซลล์คุม ทำให้เซลล์คุมสูญเสียแรงดันเต่ง จึงเปลี่ยนรูปไปมีผลทำให้รูปากใบปิด

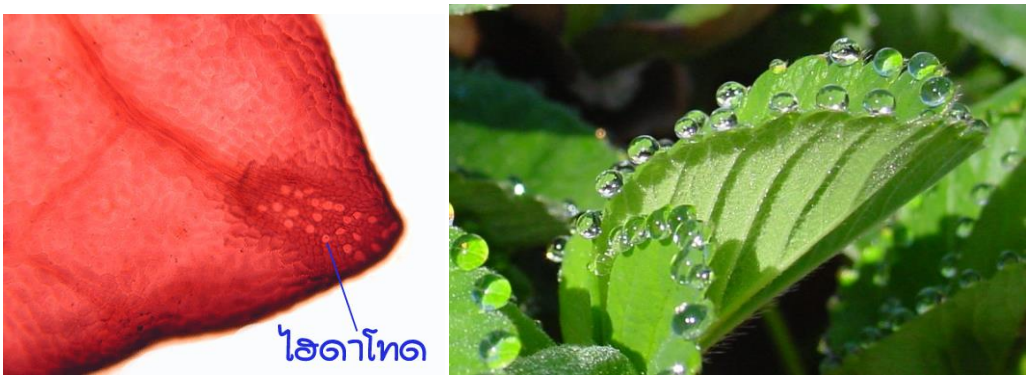
ภาพ : การเปิดปิดของปากใบ ที่มา : http://2.bp.blogspot.com/

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปิดปิดปากใบและการคายน้ำของพืช ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่

1. อุณหภูมิ ขณะที่รูปากใบเปิด ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลง น้ำจะระเหยออกจากปากใบมากขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปปากใบจะปิด เพราะพืชป้องกันการสูญเสียน้ำ
2. ความชื้น ถ้าได้รับความชื้นในอากาศลดลง ปริมาณของน้ำในดินมากกว่าสภาพของน้ำในใบพืชและในอากาศจะแตกต่างกันมากขึ้น จึงทำให้น้ำระเหยออกทางรูปากใบมากขึ้นเกิดการคายน้ำเพิ่มมากขึ้น
3. กระแสลม กระแสลมที่พัดผ่านใบจะทำให้ความกดอากาศที่บริเวณผิวใบลดลง น้ำบริเวณรูปากใบจะระเหยออกสู่อากาศได้มากขึ้น และในขณะที่ลมเคลื่อนผ่านผิวใบจะนำความชื้นไปด้วย น้ำจากรูปากใบก็จะระเหยได้มากขึ้นเช่นกัน
4. สภาพน้ำในดิน การเปิด ปิด ของรูปากใบมีความสัมพันธ์กับสภาพของน้ำในดินมากกว่าสภาพของน้ำในใบพืช เมื่อดินมีน้ำน้อยลงและพืชเริ่มขาดแคลนน้ำ พืชจะสังเคราะห์กรดแอบไซซิก (abscisic acid ; ABA) มีผลทำให้รูปากใบปิด การคายน้ำลดลง
5. ความเข้มของแสง ขณะที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ และเมื่อความเข้มแสงสูงขึ้น รูปากใบจะเปิดมากขึ้น และเมื่อความเข้มแสงลดลง รูปากใบจะเปิดน้อยลง ดังนั้นเมื่อความเข้มแสงมากขึ้น จะเป็นผลให้เกิดการคายน้ำในใบได้มากขึ้น ถ้ามีน้ำในดินน้อย พืชเริ่มขาดแคลนน้ำ รูปากใบจะปิด
6. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปเมื่อพืชอยู่ในที่ที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากกว่าปกติ จะทำให้รูปากใบเปิดได้แคบลง

กัตเตชัน (guttation)

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

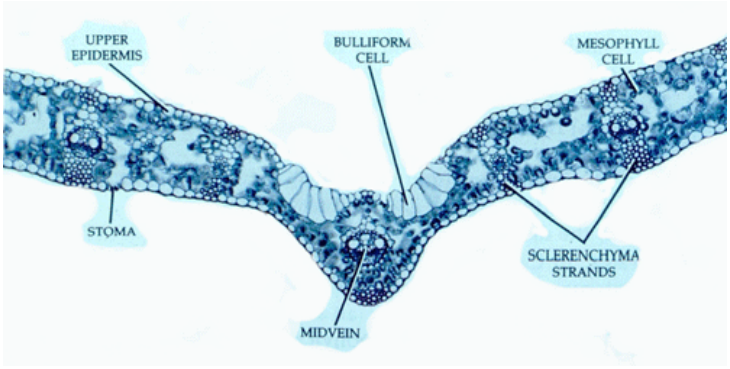


ภาพ : ไฮดาโทด และกัตเตชัน ที่มา :http://www.nanabio.com/elearning/transpiration/

การปรับตัวของพืชเพื่อลดการคายน้ำ

โดยทั่วไปรูปากใบพืชจะเปิดในเวลากลางวันเพื่อนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงและปิดในเวลากลางคืน แต่พืชอวบน้ำ เช่น กระบองเพชร ซึ่งเจริญในที่แห้งแล้ง พบว่ารูปากใบจะเปิดในเวลากลางคืน และปิดในเวลากลางวันเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ดังนั้นในเวลากลางคืนพืชในวงศ์นี้จะตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์และสะสมไว้ในแวคิวโอลและในเวลากลางวันพืชจะนำคาร์บอนไดออกไซด์จากกรดอินทรีย์มาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

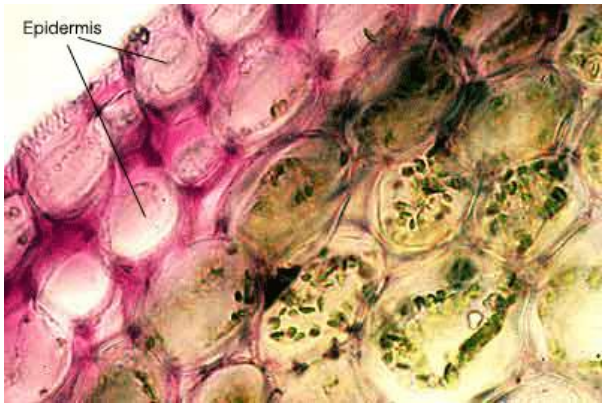
นอกจากนี้พืชบางชนิดยังมีการปรับโครงสร้างให้มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำ โดยมีรากแผ่ขยายเป็นบริเวณกว้าง หรือมีรากยาวหยั่งลึกลงไปในดิน เช่น หญ้าแฝก พืชบางชนิดลำต้นอวบน้ำ เพื่อสะสมน้ำ พืชบางชนิดมีขนจำนวนมากปกคลุมรูปากใบ หรือมีคิวทิน เคลือบที่ผิวใบหนา หรือใบลดรูปให้เล็กลงหรือเปลี่ยนไปเป็นหนาม บางชนิดมีโครงสร้างที่ลดการคายน้ำ เช่น มีปากใบอยู่ต่ำกว่าระดับเอพิเดอร์มิส(sunken stomata) เช่น ปากใบของยี่โถ เป็นต้น ใบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น หญ้า ข้าวโพด ที่ชั้นเอพิเดอร์มิสมีเซลล์ขนาดใหญ่และผนังเซลล์บาง เรียกว่า บัลลิฟอร์มเซลล์ (bulliform cell) ช่วยทำให้ใบม้วนงอได้เมื่อพืชขาดน้ำช่วยลดการคายน้ำของพืชให้น้อยลง พืชบางชนิดอาจมีเอพิเดอร์มิสหนามากกว่า 1 ชั้น ซึ่งพบมากทางด้านหลังใบมากกว่าทางด้านท้องใบเรียกว่า มัลติเปิลเอพิเดอร์มิส (multiple epidermis) ซึ่งพบในพืชที่แห้งแล้งช่วยลดการของได้ เซลล์ชั้นนอกสุดเรียกว่า เอพิเดอร์มิส ส่วนเซลล์แถวที่อยู่ถัดเข้าไปเรียกว่า ไฮโพเดอร์มิส (hypodermis)



ภาพ Bulliform cell ที่ทำให้ใบบิด และ ม้วนงอ

ที่มาของภาพ_http://sta.uwi.edu/fsa/lifescienc transpiration

es/BL11F/IMAGES/Leaves%20D/07%20Buliform%20cells.html



ภาพ แสดง Multiple epidermis

ที่มา http://www.nzplants.auckland.ac.nz/uoa/science/about/departments/sbs/newzealandplants/concepts/ground.cfm?redirected&