

บทที่ 7
TRANSPIRATION

TRANSPIRATION

I. Introduction

เราทราบมาแล้วว่า พืชต้องการน้ำไปใช้ในขบวนการต่าง ๆ มากมายถ้าพืชขาดน้ำ พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ น้ำที่พืชดูดขึ้นไปรากจะผ่านต้นพืชสู่บรรยากาศภายนอก ปริมาณที่สูงมาก พืชจะใช้น้ำที่ดูดเข้าไปเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ และจะคายออกจากต้นพืชปริมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นระหว่างการเจริญเติบโตของพืชต้นหนึ่ง พืชจะเสียน้ำไปมากมาย ตัวอย่างเช่น มีการคำนวณว่าข้าวโพดต้นหนึ่งจะคายน้ำประมาณ 200 ลิตร ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต พืชที่ใช้ปลูกข้าวโพดจะเสียน้ำไปประมาณ 15 นิ้ว ต่อการปลูกหนึ่งครั้ง ต้นไม้ในป่าคงคิดจะเสียน้ำไปวันละ ๑๐๐๐ ลิตร/ไร่ ไร่ จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำที่พืชคายออกไปในบรรยากาศนั้นเป็นปริมาณมหาศาล ถ้ามองอย่างผิวเผิน ทพว่าพืชทำความสูญเสียในเรื่องน้ำอย่างมากแต่ น้ำที่พืชคายออกไปนั้นกลายเป็นไอน้ำ ไปรวมตัวกันในบรรยากาศกลายเป็นเมฆและฝนในที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เหตุการณ์จะเกิดขึ้นหมุนเวียนกันไปอย่างนี้เรื่อย ๆ

น้ำที่ออกจากพืชไปนั้นจะออกไปในรูปของไอน้ำ การสูญเสียน้ำของพืชโดยวิธีนี้ เราเรียก การคายน้ำ (Transpiration) เมื่อพืชดูดน้ำขึ้นมาจากดิน น้ำจะเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในท่อลำเลียงน้ำของราก ลำต้น และใบ ในที่สุดน้ำจะไปถึง mesophyll เซลล์ในบริเวณนี้อยู่กันอย่างหลวม ๆ จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์ขึ้นมากมาย ทั้งผนังเซลล์ของเซลล์ในบริเวณดังกล่าวบางมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำสามารถระเหยออกจากเซลล์ได้ง่าย ไอน้ำที่ระเหยออกจากเซลล์จะผ่านสู่บรรยากาศภายนอกออกทาง รูใบ (Stomate) การคายน้ำของพืชทางรูใบ เราเรียกว่า stomatal transpiration, นอกจากนี้ น้ำยังสามารถออกจากต้นพืชในรูปของไอน้ำทางอื่นได้อีกด้วย อาทิเช่น ทางผิวของใบและลำต้นอ่อน ๆ ซึ่งเราเรียกว่า Cuticular transpiration และทาง lenticel ซึ่งเป็นรูเปิดเล็ก ๆ ที่ลำต้น เราเรียกว่า Lenticular transpiration ตามปกติการคายน้ำที่เกิดที่รูใบจะมีความสำคัญที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบการคายน้ำที่ผิวใบหรือรูเปิดของลำต้นแล้ว การคายน้ำ

ที่สองแห่งหลังนี้ความสำคัญน้อยมาก แต่ในสภาพที่พืชขาดน้ำรูใบจะปิด การคายน้ำที่รูใบจะหยุดลงทันที

II. Stomata

ได้กล่าวมาแล้ว พืชจะคายน้ำมากที่สุดโดยผ่านทางรูใบ ดังนั้นเราจึงควรทราบรูปร่างลักษณะของรูใบ ตลอดจนกลไกในการปิดเปิดของมัน

2.1 Structure and distribution of stomata

Stoma ประกอบด้วย guard cell 2 เซลล์ และมีรู (stomata) ระหว่างเซลล์ทั้งสองนั้นในพืชบางชนิด guard cell มี subsidiary cell ล้อมรอบอยู่ (subsidiary cell-เซลล์ที่มีลักษณะแตกต่างกับเซลล์จิวธรรมดา) guard cell ในพืชแต่ละชนิดอาจมีรูปร่างและขนาดต่างกันมาก guard cell ของพืชใบเลี้ยงคู่หลายชนิดมีรูปร่างคล้ายกับเมล็ดถั่ว ลักษณะของ guard cell ที่สำคัญที่ทำให้ stomate ปิดเปิดได้คือ ผนังของ guard cell ด้านนอกและด้านในหนาไม่เท่ากัน ผนังด้านนอกที่ติดอยู่กับ subsidiary cell บางกว่าผนังด้านใน ผนังด้านที่บางจะยืดตัวได้มากกว่าด้านที่หนา ในสภาพที่เซลล์แหบ ผนังด้านหนาจะยืดตรง ดังนั้น stomate ปิด เมื่อเซลล์มีน้ำเต็ม ผนังด้านนอกจะยืดตัวออกได้มาก จึงมีแรงดึงให้ผนังด้านในโค้งเข้า เมื่อผนังของ guard cell ทั้งสองโค้งเข้ารูใบก็จึงเปิดรูใบของพืชแต่ละชนิดมีขนาดแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น รูใบของถั่วฝักยาวมีขนาดเพียง 7×3 ส่วนของข้าวโอ๊ตมีขนาดถึง 38×8 ขนาดของรูใบมีผลต่อการผ่านเข้าออกของแก๊ส (รวมทั้งไอน้ำด้วย) ถ้ารูใบมีขนาดใหญ่โมเลกุลของแก๊สจะเข้าหรือออกจากใบได้ทีละมาก แต่ถ้ารูใบเล็กแก๊สก็จะเข้าออกได้ทีละน้อย ๆ

จำนวนและการกระจายของ stomata แตกต่างกันมากในพืชต่างชนิดกัน มีพืชหลายชนิดมีรูใบเฉพาะที่ผิวใบด้านล่างเท่านั้น อาทิเช่น แอปเปิล ไรศ บางชนิดมีรูใบทั้งที่ผิวใบด้านล่างและผิวใบด้านบน ในกรณีนี้ส่วนมากจำนวนรูใบด้านล่างจะสูงกว่าด้านบน เช่น ฝักกาด ทานตะวัน ฯลฯ แต่ก็มีพืชบางชนิดที่มีรูใบจำนวนเท่ากันทั้งด้านล่างและด้านบนโดยประมาณ ใบพืชตระกูลหญ้าบางชนิดมีรูใบอยู่ที่ด้านบนของใบมากกว่าด้านล่าง ส่วนใบพืชน้ำ

เป็นต้นว่า ใบข้าว จะมี stomata เฉพาะที่ผิวใบด้านบนเท่านั้น

2.2 Mechanism of stomatal opening and closing

โดยปกติรูใบจะปิดในเวลากลางคืนและจะเปิดเมื่อได้รับแสงในตอนเช้า และปิดอีกครั้งในตอนบ่ายที่มีแสงแดดจัด รูใบจะเปิดเมื่อ guard cell เต่งตัว (มีน้ำอยู่เต็มที) และจะปิดเมื่อเซลล์แฟบ นักสรีรวิทยา ได้พยายามค้นหาว่าก่อนที่รูใบจะเปิดมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายในเซลล์อย่างไร ในปัจจุบันยังหาคำอธิบายที่แน่นอนไม่ได้ แต่ที่เราอาจใช้สมมุติฐานอธิบายการเปิดปิดของรูใบได้ดังนี้

1. เมื่อ guard cell ได้รับแสงจะเกิดการสังเคราะห์แสงขึ้น
2. การสังเคราะห์แสงใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ลดลง ความเป็นกรดภายในเซลล์ก็ลดลงด้วย (pH สูงขึ้น)
3. ในสภาพที่ pH สูงขึ้น (ประมาณ 7) จะมีการแตกตัวของแมงเป็น glucose-1-phosphate (G-1-P) (ปฏิกิริยานี้จะกลับเมื่อ pH ประมาณ 5) ต่อมา G-1-P จะเปลี่ยนเป็น G-6-P ในที่สุดก็จะได้กลูโคสกับฟอสเฟต
4. กลูโคสที่เกิดขึ้นภายใน guard cell จะลดค่า Water potential ของ guard เซลล์ ทำให้น้ำเข้าสู่เซลล์
5. เมื่อเซลล์เต่งตัว stomate ก็จะมีเปิด

น้ำตาลที่เกิดขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์ จะช่วยลดค่า Water potential ของ guard cell แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลที่ได้จากแมงแล้ว น้ำตาลที่เกิดขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์มีความสำคัญน้อยมากและไม่สามารถทำให้ stomate เปิดได้ จากปฏิกิริยาในข้อ 3 เฉพาะกลูโคสเท่านั้นที่ละลายในน้ำได้จึงมีผลต่อการ osmosis ของน้ำมาก แต่สารอื่น ๆ อาทิเช่น แมง G-1-P และ G-6-P จะมีผลต่อการ osmosis ของน้ำน้อยมาก

สมมุติฐานที่ใช้อธิบายการเปิดปิดของ stomate นี้เป็นที่ยอมรับของนักสรีรวิทยาส่วนมาก แต่ว่ามีนักสรีรวิทยาบางท่านมีความคิดแย้งเกี่ยวกับคำอธิบายดังกล่าว อาทิเช่น J. Levitt กล่าวว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงเนื่องจากขบวนการสังเคราะห์แสงไปใช้ไม่พอเพียงที่จะใช้อธิบายการเพิ่ม pH ภายในเซลล์ และไม่สามารถทำให้เม้มเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว Levitt ได้อธิบายต่อไปว่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ขบวนการสังเคราะห์แสงใช้ไปทำให้ pH เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในสภาพเช่นนี้เหมาะสมมากสำหรับการสร้างกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ทำให้สภาพภายในเป็นกรดสูงขึ้นมาก สภาพเช่นนี้ทำให้น้ำตาลภายในเปลี่ยนไปเป็นเม้มได้มาก เมื่อมีเม้มเกิดขึ้นมาก ๆ Water potential ของ guard cell เพิ่มขึ้น น้ำไหลออกจากเซลล์และ stomate ปิด.

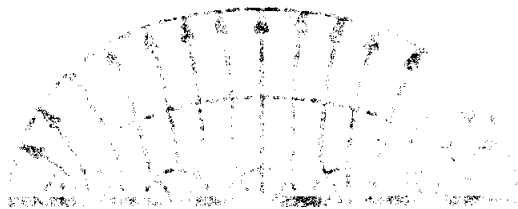
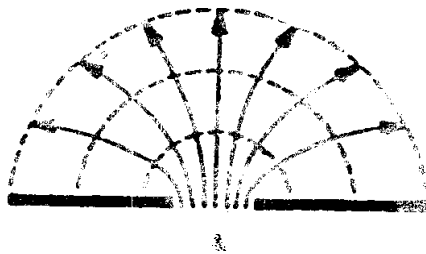
เมื่อเปรียบเทียบสมมุติฐานของ Levitt จะเห็นได้ว่า สมมุติฐานเดิมให้ความสนใจแก่เราว่าขบวนการสังเคราะห์แสงใช้คาร์บอนไดออกไซด์ไป, มีผลทำให้รูใบเปิด แต่สมมุติฐานของ Levitt ให้ความสนใจแก่เราไปในทางตรงข้าม กล่าวคือเมื่อการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมีผลทำให้รูใบปิด ดังนั้นจึงต้องมีการค้นคว้าต่อไป เพื่อให้ได้ข้อมูลมาตัดสินว่าสมมุติฐานใดมีความถูกต้องตรงกับความเป็นจริง หรืออาจจะมีสมมุติฐานอื่น ๆ ที่ใช้อธิบายการเปิดปิดของ stomate ได้ดีกว่า

ได้มีรายงานเกี่ยวกับการเปิดปิดของรูใบเพิ่มเติมดังนี้คือ ใน 1968, Fischer ได้รายงานไว้ว่า แสงทำให้มีการสะสม K^+ ขึ้นภายใน guard cell ในปริมาณที่สูงมาก K^+ ที่อยู่ในเซลล์มีปริมาณพอเพียงที่ลดค่า water potential ให้อยู่ในระดับที่ทำให้เกิดการ osmosis ขึ้นที่เซลล์ได้.

2.3 Diffusion through stomate

แก๊ส (ไอน้ำ) แพร่กระจายผ่านรูเล็ก ๆ ได้ในอัตราที่ต่างกับแพร่กระจายออกจากภาชนะที่เปิดด้วยเหตุนี้ ไอน้ำจึงสามารถผ่านรูใบได้แตกต่างกับการระเหยน้ำธรรมดาจากภาชนะที่เปิด อีกประการหนึ่ง ชีวโมเลกุลที่มีรูใบมากมายจึงทำให้โมเลกุลของน้ำที่ระเหยออกจากรูหนึ่งอาจมีผลกระทบกระเทือนการระเหยของน้ำอีกรูหนึ่งได้ จากการทดลองพบว่าน้ำสามารถ

ระเหยออกมาจากรูใบได้ถึง 50% อาจถึง 65% เมื่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ระเหยออกจากปากขณะที่เปิดที่มีพื้นที่การระเหยเท่ากับพื้นที่ของใบ ทั้ง ๆ ที่ผิวใบมี stomate คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อที่ของผิวใบเท่านั้น ปรากฏการณ์นี้แสดงว่าไอน้ำที่ระเหยออกมาจากรูใบในอัตราสูงกว่าที่ระเหยออกจากผิวน้ำในปากขณะเปิด ในเรื่องนี้เราอาจอธิบายได้ดังนี้ ไอน้ำที่ระเหยออกจากผิวน้ำในปากขณะเปิดนั้นจะแพร่กระจายเข้าไปในบรรยากาศ ความหนาแน่นของโมเลกุลของไอน้ำที่บริเวณน้ำกับที่อื่นในบริเวณนั้นแตกต่างกันน้อย ไอน้ำจึงแพร่กระจายได้ช้า ทำให้การระเหยน้ำเป็นไปได้ช้า ส่วนน้ำที่ระเหยออกมาจากรูใบ (หรือรูเล็ก ๆ) จะกระจายเป็นรูปครึ่งวงกลมโดยมีรูใบเป็นจุดศูนย์กลาง ซึ่งเราเรียกชื่อน้ำที่เป็นรูปครึ่งวงกลมนั้นว่า diffusion shell บริเวณที่ใกล้ ๆ กับ



รูปที่ 10.11 แสดงให้เห็นว่า การระเหยน้ำที่รูใบจะเร็วกว่าการระเหยน้ำที่ปากที่เปิด เพราะรูใบมีพื้นที่การระเหยที่เล็กกว่าปากที่เปิด แต่รูใบมีพื้นที่การระเหยที่เล็กกว่าปากที่เปิด

รูใบจะมีไอน้ำอยู่มากและห่างออกไปจะมีไอน้ำอยู่น้อย จึงทำให้ความหนาแน่นของไอน้ำสองบริเวณแตกต่างกันมาก ความแตกต่างของความหนาแน่นของไอน้ำที่เกิดขึ้นที่บริเวณรูใบมากกว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นที่บริเวณผิวหนังในขณะเปิด ผลเหล่านี้เกิดขึ้นคือเมื่อรูใบอยู่ห่างกันพอสมควร ถ้ารูใบอยู่ชิดกันมากจะทำให้ diffusion shell ของรู ใบรูหนึ่งทับกับ diffusion shell ของรูใบที่อยู่ใกล้เคียง ในกรณีนี้ผลต่างที่เกิดขึ้นจากการแพร่กระจายของไอน้ำผ่านรูใบจะหมดไปและปรากฏการณ์จะคล้ายคลึงกับการระเหยของไอน้ำ จากผิวหนังในขณะเปิด

ภายในใบมีช่องว่างมากมาย ไอน้ำที่จะออกไปทางรูใบจะต้องผ่านช่องว่างเหล่านี้ ดังนั้นภายในช่องว่างของใบจะมีไอน้ำอยู่เต็มไอน้ำที่อยู่ในช่องว่างอาจทำให้ไอน้ำระเหยออกจากรูใบได้ดีขึ้น เพราะไอน้ำที่เกิดทำให้มีแรงเกิดขึ้น (Vapor pressure) แรงที่เกิดขึ้นอาจช่วยดันไอน้ำให้ผ่านออกทางรูใบได้ดีขึ้น

ผลจากการทดลองสมัยแรกพบว่า ปริมาณน้ำที่ระเหยผ่านรูเล็ก ๆ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวของ เส้นรอบวงของรูมากกว่าที่จะ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ เนื้อที่ของรูเล็ก ๆ นั้น (รูเล็ก ๆ ที่ใช้ในการทดลองใหญ่กว่ารูใบมาก) แต่จากการทดลองกับใบจริงพบว่า ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากรูใบ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ เนื้อที่ของรูใบมากกว่าความยาวของ เส้นรอบวงของรูใบ ผลการทดลองที่แตกต่างเช่นนี้อาจเกิดจากสภาพการทดลองที่ต่าง กัน กล่าวคือ การทดลองครั้งแรกใช้รูเล็ก ๆ ซึ่ง ความจริงมีขนาดใหญ่กว่ารูใบ เป็นอันมาก และใช้เพียงรูเดียวเท่านั้น แต่ผิวใบมีรูใบหลายรูและอยู่ชิดกันมาก ถ้าเราพิจารณาการคายน้ำผ่านผิวใบของใบทั้งใบจะพบว่า อัตราคายน้ำของใบลดลง เมื่อรูใบบนผิวใบอยู่ชิดกัน ทั้งนี้ก็เพราะว่าไอน้ำที่ออกจากรูใบทั้งหลายพุ่งกระจาย ผสมผสานกัน ทำให้ความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของไอที่บริเวณปากรูมีน้อย ถ้ารูใบห่างกันออกไปเรื่อย ๆ การคายน้ำต่อรูใบจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากไอน้ำผสมผสานกันน้อยลง แต่ว่าการเพิ่มระยะห่างระหว่างรูใบทำให้จำนวนรูใบต่อหน่วยเนื้อที่ลดลง อาจทำให้การคายน้ำของใบลดลงด้วย

III. FACTORS AFFECTING THE RATE OF TRANSPIRATION

ตารางที่ 1 แสดงการกระจายของ stomate บนใบพืชบางชนิด, จำนวนเฉลี่ยต่อตาราง เซนติ เมตร

Species	Upper epidermis	Lower epidermis
Alfalfa	16,900	13,800
Apple	0	29,400
Bean	4,000	28,100
Begonia	0	4,000
Cabbage	14,100	22,600
Lilac	0	33,000
Maize	5,200	6,800
Pea	10,100	21,600
Sunflower	8,500	15,000
Tomato	1,200	13,000
Wheat	3,300	2,400

Source : Greulach, V.A. 1973. Plant Function and Structure, p.229

เมื่อการสังเคราะห์แสง หยุด stomate จะปิด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นย้อนกลับกล่าวคือ เมื่อการสังเคราะห์แสงหยุด ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจจะถูกสะสมไว้ในเซลล์ ทำให้สภาพภายในของเซลล์เป็นกรด (pH ประมาณ 5) ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมสำหรับน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นแป้ง เมื่อมีแป้งเกิดมากขึ้น water potential ของ guard cell เพิ่มขึ้น น้ำไหลออกจากเซลล์ทำให้เซลล์พบ stomate ก็จะมีปิด

ที่ได้กล่าวมาเป็นเรื่องราวของการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ ต่อไปเรากล่าวถึงการคายน้ำในสภาพที่เกิดขึ้นจริง ๆ กับต้นพืช อัตราการคายน้ำของพืชมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างควบคุมอยู่ ซึ่งเป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน เราไม่สามารถพิจารณาารวมกันได้ทีเดียวทั้งหมด บางครั้งเราพบว่าพืชใบใหญ่ ๆ ซึ่งน่าจะคายน้ำได้ดี แต่เมื่อนำมาอัตราการคายน้ำอาจพบว่าใบพืชนั้นมีความสามารถคายน้ำได้น้อยมาก เมื่อเป็นเช่นนี้เราจะต้องแยกพิจารณาปัจจัยทั้งหมดทีละอย่าง ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพืช เช่น ลักษณะของใบ, ขนาดของราก, การแพร่กระจายของระบบราก ฯลฯ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม เป็นต้นว่าความชื้นของอากาศ, อุณหภูมิ, ลม ฯลฯ.

3.1 Plant Factors

3.1.1 Root/shoot ratio ในสภาพที่มีปัจจัยอื่น ๆ เหมาะสม

อัตราการคายน้ำ จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดน้ำของราก และการระเหยน้ำออกจากใบ ถ้าพืชดูดน้ำได้ช้ากว่าการคายน้ำของใบ พืชก็จะขาดน้ำ ซึ่งมีผลทำให้อัตราการคายน้ำลดลงด้วย การดูดน้ำของรากอาจจะพิจารณาจาก เนื้อที่ผิวของรากได้ถ้า เนื้อที่ผิวของรากมีมาก จะทำให้มีการดูดน้ำได้มาก แต่ในทางตรงข้ามถ้า เนื้อที่ผิวน้อย การดูดน้ำก็จะ เป็นอย่างช้า ๆ ดังนั้น เมื่อพิจารณา เนื้อที่ผิวของรากกับ เนื้อที่ของรากกับ เนื้อที่ผิวของใบของ leaf/shoot ratio (สูง) อัตราการคายน้ำก็จะสูงด้วย ดังนั้นเพราะว่าใบสภาพ เช่นนี้พืชจะขาดน้ำช้ากว่าช่วงฤดูหรือไม่ขาดน้ำเลย ดูใบจะ เมื่อดูอยู่เกือบตลอดเวลา ดังนั้นอัตราคายน้ำ จึงสูง นอกจากนี้ยังมีสภาพของรากสามารถดูดน้ำขึ้นมาได้อีกด้วย เมื่อ เป็น เช่นนี้ทำให้ เกิดแรงดันน้ำในท่อลำเลียงน้ำที่ต้นและใบ และแรงดันดังกล่าวจะช่วยให้ น้ำกลายเป็น ไอน้ำให้ตัวอื่น.

การคำนวณรากต่อพื้นที่ของพืชจะแตกต่างกันไป เช่น ต้นไม้ 4 นิ้ว จะมีความสูงประมาณ 10 ฟุต

จากตารางนี้ ผู้วิจัยและ ผู้ที่ทราบมีขนาดใบใหญ่ ๆ ไปยังใบของกิ่งน้ำสูง ๆ และมีการระเหยน้ำออกจากใบได้ช้ากว่าใบเล็ก ๆ พืชต้นเล็ก ๆ ต้นไม้สูง ๆ ไม่ได้รับอันตรายจากพืชอื่น และถ้าจะมองรากด้วย ถ้า ราก มีพื้นที่มากกว่า 1 นิ้ว จะมีความสูงประมาณ 10 ฟุต

ใบไม้ 1 นิ้ว จะมีความสูงประมาณ 10 ฟุต และถ้าจะมองรากด้วย ถ้า ราก มีพื้นที่

คายน้ำของกิ่งล้มมะนาวที่กำลังคองกับ root/shoot ratio พบว่าอัตราการคายน้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ root/shoot ratio จนกระทั่ง r/s ratio มีประมาณ 0.3 ส่วน Parker (1949) พบว่าอัตราการคายน้ำของสนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ r/s ratio จนกระทั่ง r/s ratio มีค่าถึง 1.6

3.1.2 leaf area ปริมาณน้ำที่พืชคายน้ำออกจะมากน้อยขนาดไหน ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของใบ ถ้าพื้นที่ใบมากพืชจะคายน้ำได้มาก แต่อัตราการคายน้ำ (น้ำหนักของไอน้ำ/หน่วยพื้นที่/เวลา) ในใบขนาดใหญ่ (เนื้อที่ใบมาก) จะน้อยกว่าในใบขนาดเล็ก ๆ (เนื้อที่ผิวใบน้อยกว่า) เพื่อความเข้าใจดูตัวเลขต่าง ๆ จากตารางที่ 2 ตารางที่ 2 แสดงเนื้อที่ผิวใบ, ปริมาณน้ำที่ใบพืชคายออก, และอัตราการคายน้ำของใบพืช

ชนิดพืช	เนื้อที่ผิวใบ Cm ²	ปริมาณที่พืชคายในเวลา 6 ชม. (gm.)	อัตราการคายน้ำ gm/Cm ²
ข้าวโพด	14,568	919	0.0629
Dent corn	12,999	794	0.0723

ข้อควรสังเกตจากตัวเลขในตาราง ถึงแม้ว่าน้ำที่พืชคายออกจากใบที่มีเนื้อที่มาก มีปริมาณสูงกว่าน้ำที่พืชมี เนื้อที่น้อยกว่าแต่อัตราการคายน้ำของใบที่มีเนื้อที่มากจะน้อยกว่าใบที่มีเนื้อที่น้อย

ดังนั้นต้นพืชที่เราเด็ดใบทิ้ง เป็นบางส่วนจะคายน้ำในอัตราที่สูงกว่าต้นพืชธรรมดา ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำที่คายออกมานั้นจะน้อยกว่าก็ตาม ได้มีการทดลองวัดปริมาณน้ำที่พืชคายออกมาและอัตราการคายน้ำของพืชที่ได้รับการตัดแต่ง พบว่าพืชที่ได้รับการตัดแต่งคายน้ำในปริมาณที่น้อยกว่าก่อนการตัดแต่ง แต่อัตราการคายน้ำของพืชที่ตัดแต่งแล้วสูงกว่าก่อนการตัด-

แต่ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรากของพืชก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่งดูดน้ำได้เท่ากันมีแรงส่งน้ำเท่ากัน แต่เมื่อมีการตัดแต่ง ใบพืชบางส่วนถูกตัดทิ้งไปจึงทำให้เนื้อที่ของการคายน้ำลดลง เมื่อแรงส่งน้ำเท่ากันแต่เนื้อที่ที่น้ำออกน้อยกว่าอัตราการคายน้ำ (ปริมาณน้ำ/หน่วยเนื้อที่) จึงสูงกว่า

3.1.3 leaf structure ใบพืชที่ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี (xerophytes) มีโครงสร้างต่าง ๆ ที่ทำให้ค้นพืชเจริญเติบโตในสภาพเช่นนั้นได้ เป็นต้นว่ามีหนังเคลือบ, ที่ผิวใบมีสารขี้ผึ้งฉาบอยู่หนา, มี palisade layer 2-3 ชั้น (พืชโดยทั่วไปมี palisade layer เพียงชั้นเดียว) รูใบบุ๋มลงไปใฝ่ใบและมีขนปกคลุม ฯลฯ ส่วนประกอบเหล่านี้ทำให้พืชคายน้ำช้าลง

เพื่อให้เข้าใจดีขึ้นโปรดพิจารณาตัวอย่างผลการทดลองต่อไปนี้ ถ้าปล่อยให้พืชสองต้น, ต้นหนึ่งเป็น xerophyte และอีกต้นหนึ่งเป็น mesophyte, เติบโตในสภาพแวดล้อมเหมือนกัน ให้น้ำในปริมาณที่เท่ากันเพียงครั้งเดียว หลังจากนั้นปล่อยให้พืชทั้งสองต้นเติบโตต่อไปโดยไม่ให้น้ำ พบว่าใบพืช mesophyte จะเหี่ยวก่อนใบพืช xerophyte ทั้งนี้ก็เพราะว่าหลังจากการให้น้ำแล้วใบพืช mesophyte จะคายน้ำได้ในปริมาณที่สูง ในที่สุดพืชต้นนี้ก็ขาดน้ำเมื่อพืชขาดน้ำรูใบก็จะปิด แต่น้ำยังคงออกจากใบทางผิวใบได้ถึงแม้ว่าจะเป็นปริมาณน้อยก็ตาม เมื่อระยะเวลาผ่านไปนานเข้าใบพืชก็จะเหี่ยว ต่อจากนั้นมาพิจารณาพืชที่เป็น xerophyte บ้าง หลังจากที่ถูกให้น้ำแล้วใบพืชก็จะคายน้ำเช่นเดียวกัน จนกระทั่งพืชขาดน้ำ ในที่สุดรูใบก็ปิด เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาตั้งแต่หยุดการให้น้ำจนถึงรูใบปิดจะพบว่ารูใบของ xerophyte จะปิดหลังจากที่รูใบของ mesophyte ปิด ทั้งนี้ก็เพราะว่าปริมาณน้ำที่ xerophyte คายออกมา ดังนั้น xerophyte จึงขาดน้ำช้ากว่า mesophyte นอกจากนี้หลังจากที่รูใบของ mesophyte และ xerophyte ปิดแล้ว (ใช้เวลาไม่เท่ากัน) น้ำจะระเหยออกจากผิวใบของ mesophyte ได้ง่ายกว่า xerophyte ทั้งนี้ก็เพราะว่าผิวใบของ mesophyte บางกว่าของผิวใบของ xerophyte มาก ดังนั้นน้ำจึงระเหยผ่านผิวใบของ xerophyte ได้ดีกว่าและในที่

สุดทำให้ใบเหี่ยวก่อนใบของ xerophyte เป็นเวลานาน ๆ

แต่ถ้าพืชทั้งสองต้นได้รับน้ำเป็นอย่างดีตลอดเวลา ในสภาพเช่นนี้พืชทั้งสองต้น จะคายน้ำได้ตลอดเวลา ถ้าสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เหมาะสม ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำที่ mesophyte คายออกมาจะสูงกว่าที่ xerophyte คายออกมากก็ตาม แต่ที่ว่าอัตราการคายน้ำของ xerophyte จะสูงกว่าของ mesophyte ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างในเรื่องโครงสร้างของใบเป็นต้นว่าใบ mesophyte มีจำนวนรูใบต่อหน่วยเนื้อที่สูงกว่าใบของ xerophyte ใบของ xerophyte มีเส้นใบมากกว่าใบ mesophyte มาก นอกจากนี้ใบของ xerophyte มี palisade cell มากกว่า mesophyte มาก บางครั้งมีเป็นชั้น 2-3 ชั้น เรียงกันอยู่ตอนบนติดกับผิวใบด้านบน ซึ่งในใบที่ปกติมีเพียงชั้นเดียว ดังนั้นเซลล์ภายในใบ xerophyte จึงมีพื้นที่ของผนังเซลล์ที่ติดกับช่องว่างระหว่างเซลล์มากกว่าของ mesophyte (พื้นที่ของผนังเซลล์ที่ติดกับช่องว่างระหว่างเซลล์เรียกว่า internal surface) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เซลล์ภายในใบของ xerophyte ระเหยน้ำออกจากเซลล์ช่องว่างระหว่างเซลล์ได้ดีกว่าผลที่เกิดขึ้นทำให้อัตราการคายน้ำของ xerophyte สูงกว่าอัตราการคายน้ำของ mesophyte

เราจะต้องเข้าใจว่าอัตราการคายน้ำของ xerophyte จะสูงกว่าของ mesophyte ก็ต่อเมื่อรูใบของพืชทั้งสองยังคงเปิดอยู่เท่านั้น ถ้าจะพูดให้ถูกต้องก็ควรเป็นว่า อัตราการคายน้ำของรูใบของ xerophyte จะสูงกว่าของ mesophyte

3.1.4 Osmotic effect ถ้าในเซลล์ของใบมีตัวละลาย (solute) อยู่มาก ตัวละลายเหล่านั้นทำให้ water potential ของเซลล์ลดลงเมื่อ water potential ลดลงมีผลทำให้อัตราการคายน้ำของใบลดลง ทั้งนี้ก็เพราะว่าขณะที่ water potential ของเซลล์ลดลงน้ำจะระเหยออกจากผนังเซลล์ได้ยากกว่าในสภาพที่ water potential สูงกว่าปกติ และในขณะที่เดียวกันไอน้ำที่ออกจากผนังเซลล์ไปแล้วจะเคลื่อนที่ไปที่อื่น ๆ ได้ยากกว่า เพราะตามปกติถ้า water potential ของเซลล์ต่ำกว่าภายนอกเซลล์จะเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์ แต่อาจมีน้ำบางส่วนที่ระเหยผ่านผนังเซลล์ออกไป

นอกเซลล์ในรูปของไอออน้ำแต่เกิดขึ้นได้น้อยมาก ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าถ้าใบในเซลล์ของใบมีตัวละลายอยู่มากจะลดอัตราการคายน้ำของใบ, ถ้าสภาพอย่างอื่นปกติ

3.1.5 Orientation of leaves การจัดเรียงของใบในต้นพืชก็อาจทำให้การคายน้ำของใบเปลี่ยนไปได้ ถ้าใบพืชตั้งตัวตามแนวระดับโอกาสที่ใบจะได้รับแสงมีมาก ทำให้อุณหภูมิของใบสูง ในกรณี นี้ถ้าปัจจัยอื่นอยู่ในสภาพที่เหมาะสมจะทำให้การคายน้ำเกิดขึ้นได้ดีขึ้น แต่ถ้าใบอยู่ในแนวตั้งโอกาสที่แสงจะถูกกับใบโดยตรงมีน้อย ใบได้รับความร้อนจากแสงน้อย จึงทำให้การคายน้ำเกิดขึ้นน้อยกว่าใบที่อยู่ในแนวระดับ

3.1.6 Other factors นอกจากปัจจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกที่ทำให้อัตราและปริมาณการคายน้ำของใบเปลี่ยนไป อาทิเช่น ศัตรูพืชที่เข้าทำลายต้นพืช, ใบ และราก, สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้พ่นมุ้งกันและฆ่าศัตรูพืช ตลอดจนการบำรุงของใบเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ทำให้อัตราการคายน้ำลดลงอย่างมาก

3.2 Environmental Factors

สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ทำให้อัตราการคายน้ำเปลี่ยนไป สิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจัยสำคัญได้แก่ ความชื้นในอากาศ, แสง, ลม, และอุณหภูมิ ต่อไปเราจะพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่ละปัจจัย ทั้งที่อยู่ในสภาพความเป็นจริง ปัจจัยเหล่านั้นเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน บางครั้งก็เสริมกัน แต่บางครั้งก็หักล้างกัน

3.2.1 Humidity of the air ปริมาณน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ เราเรียกว่า absolute humidity ใช้หน่วยเป็นกรัมของน้ำ/ลิตรของอากาศ แต่ปริมาณน้ำในอากาศอาจพูดเป็น Relative humidity ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่อยู่ในอากาศต่อปริมาณน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัวด้วยไออน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งโดยมากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{Relative humidity} = \frac{\text{ปริมาณน้ำจริงในอากาศ}}{\text{ปริมาณน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว}} \times 100$$

ถึงแม้ว่าตามปกติเราใช้ RH บอกปริมาณน้ำในอากาศและเป็นหน่วยที่ใช้กันโดยทั่วไปก็ตาม แต่ในเรื่องการคายน้ำของพืช RH อย่างเดียวมิได้บอกอะไรเรามากนัก ตัวอย่างเช่นอัตราการคายน้ำของพืชในที่อุณหภูมิ 30^oซ. อาจจะสูงประมาณ 3 เท่าของพืชที่อุณหภูมิ 10^oซ. ในที่ที่มีความชื้นของอากาศเท่ากัน แต่ค่าที่จะใช้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างไอน้ำในอากาศกับการคายน้ำของพืชได้ดีคือ ค่าของไอน้ำในรูปของความดันไอน้ำ (Vapor pressure) ค่าความดันไอน้ำของอากาศอาจพิจารณาได้จากความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของอากาศใช้หน่วยวัด เป็นความสูงของปรอทซึ่งดูได้จากตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่า vapor pressure ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตรงกัน

Temperature, °C	Vapor pressure (mm Hg) at indicated relative humidity									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
0	0.46	0.92	1.37	1.83	2.29	2.75	3.21	3.66	4.12	4.58
5	0.65	1.31	1.96	2.62	3.27	3.92	4.58	5.23	5.89	6.54
10	0.92	1.84	2.76	3.68	4.60	5.53	6.45	7.37	8.29	9.21
15	1.28	2.56	3.84	5.12	6.40	7.67	8.95	10.23	11.51	12.79
20	1.75	3.51	5.26	7.02	8.77	10.52	12.28	14.03	15.79	17.54
25	2.38	4.75	7.13	9.50	11.88	14.26	16.63	19.01	21.38	23.76
30	3.18	6.36	9.55	12.73	15.91	19.09	22.27	25.46	28.64	31.82
35	4.22	8.44	12.65	16.87	21.09	25.31	29.53	33.74	37.96	42.18
40	5.53	11.06	16.60	22.13	27.66	33.19	38.72	44.25	49.79	55.32
45	7.19	14.38	21.56	28.75	35.94	43.13	50.32	57.50	64.69	71.88
50	9.25	18.50	27.75	37.00	46.26	55.51	64.76	74.01	83.26	92.51

ในสภาพที่ความชื้นสัมพัทธ์คงที่ ความดันไอน้ำจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ แต่ถ้าอุณหภูมิคงที่ความดันไอน้ำจะแปรผันโดยตรงกับความชื้นสัมพัทธ์, และขณะที่ความดันไอน้ำคงที่ ความชื้นสัมพัทธ์จะผกผันเป็นส่วนกลับกับอุณหภูมิ ถ้าพิจารณาจากตารางที่ 3 จะพบว่าที่อุณหภูมิ 15^oซ. ความดันไอน้ำในที่ที่มี RH = 100% มีค่า = 12.79 แต่ถ้าอุณหภูมิสูง

ขึ้นถึง 30°C . ความดันไอน้ำมีค่าเท่าเดิมในที่ที่มี RH ประมาณ 40% เท่านั้น

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในช่องว่างระหว่าง เซลของใบมีค่าประมาณหรือเท่ากับ 100% เกือบตลอดเวลา จึงทำให้ความดันไอน้ำในใบค่อนข้างสูง และสูงกว่าบรรยากาศภายนอก ถ้าอุณหภูมิของภายในใบกับอุณหภูมิของบรรยากาศรอบ ๆ ใบมีค่าเท่ากัน เช่น 25°C . และความชื้นสัมพัทธ์ภายในช่องว่างระหว่าง เซลของใบและของบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 100% และ 70% ตามลำดับ เราสามารถทราบว่าความดันไอน้ำภายในใบ = 23.76 มิลลิเมตรของปรอท และความดันไอน้ำในบรรยากาศรอบ ๆ ใบ = 16.63 มิลลิเมตรของปรอท ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในใบกับในบรรยากาศ (Vapor pressure gradient) จึงมีค่าเท่ากับ $23.76 - 16.63 = 7.13$ มิลลิเมตรของปรอท แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศมีค่าลดลงถึง 50% ความแตกต่างของความดันไอน้ำเพิ่มขึ้นเป็น $23.76 - 11.88 = 11.88$ มิลลิเมตรของปรอท ซึ่งมีผลทำให้อัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้น

การคายน้ำของใบอาจพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในใบกับภายนอกใบ ถ้าความแตกต่างมีมากจะทำให้การคายน้ำเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าความแตกต่างมีน้อยจะทำให้การคายน้ำเกิดได้น้อยเช่นเดียวกัน

3.2.2 temperature ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การคายน้ำเกิดขึ้นได้ดีขึ้น เพราะอุณหภูมิทำให้น้ำจากเซลภายในใบระเหยออกจากผนังเซลสู่ช่องว่างระหว่างเซลได้ดีขึ้น เมื่อไอน้ำในช่องว่างมีปริมาณสูงขึ้นทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในช่องว่างเซลสูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ความดันไอน้ำภายในช่องว่างนั้นก็สูงขึ้นด้วย ขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นความดันไอน้ำในบรรยากาศจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในใบกับในบรรยากาศจึงเพิ่มมากขึ้น เมื่อความแตกต่างเพิ่มขึ้นอัตราการคายน้ำก็จะสูงขึ้นด้วย โปรดพิจารณาตัวอย่างเพื่อให้เข้าใจดีขึ้น ถ้าอุณหภูมิภายในใบและในบรรยากาศเท่ากับ 25°C . สมมติว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบเท่ากับ 100% และในบรรยากาศเท่ากับ 40% เราจะได้ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำในใบกับในบรรยากาศเท่ากับ 14.13 มิลลิเมตรของปรอท อีกวันหนึ่งต่อมาอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูง

ถึง 30°C . และความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบเท่ากับ 100% ตามเดิม ขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น สมมุติให้ความชื้นในอากาศคงที่เท่าเดิมคือเท่ากับ 40% ฉะนั้นความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำในใบกับในบรรยากาศในวันนี้จึงมีค่าเพิ่มขึ้น เป็น $31.82 - 12.73 = 19.09$ มิลลิเมตรของปรอท จะเห็นได้ว่าการคายน้ำของวันหลังจะดีกว่าในวันแรกเพราะค่าความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำในวันหลังสูงกว่าวันแรก

ตารางที่ 4 แสดงอิทธิพล ของอุณหภูมิต่อความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในใบ กับในบรรยากาศ

	25°C	30°C	$25^{\circ}\text{d in air}$ $30^{\circ}\text{C in leaf.}$
leaf.	RH = 100% VP = 23.76 mm. Hg.	RH = 100% VP = 31.82 mm. Hg.	RH = 100% VP = 23.72 mm. Hg.
air	RH = 40% VP = 9.50 mm. Hg.	RH = 40% VP = 12.73 mm. Hg.	RH = 40% VP = 12.73 mm. Hg.
VPC	= 14.26 mm. Hg.	= 19.09 mm. Hg.	= 11.03 mm. Hg.

ในบางครั้งความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเท่ากับ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบ พืชก็อาจจะคายน้ำได้คือไปถ้าอุณหภูมิภายในใบสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก เพราะความดันไอน้ำภายในใบสูงกว่าความดันไอน้ำในบรรยากาศ เนื่องจากอุณหภูมิภายใน ใบสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกนั้นเอง เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 100% หมายถึง

ความว่าในอากาศมีไอน้ำอยู่เต็มที่แล้ว ถ้าเพิ่มไอน้ำเข้าไปในบรรยากาศอีก ไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจะกลายเป็นหยดน้ำ ดังนั้นถ้าพืชยังคงคายน้ำได้ในสภาพที่ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 100% ไอน้ำที่ออกมาจากใบก็จะกลายเป็นหยดน้ำอยู่บนใบนั้น

3.2.3 air movement ลมที่พัดผ่านใบไม้จะทำให้ไอน้ำในบริเวณนั้นลดลง ซึ่งมีผลทำให้ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในใบกับในบรรยากาศมีมากขึ้น ดังนั้นถ้ามีลม พัดอ่อน ๆ (ประมาณ 2-3 กม./ชม.) จะทำให้การคายน้ำมีอัตราสูงขึ้น แต่ถ้าลมพัดแรงจัด (ประมาณ 15 กม./ชม.) ขึ้นไป อาจทำให้การคายน้ำของใบลดลง ทั้ง ๆ ที่ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำภายในใบกับในบรรยากาศจะเพิ่มมากขึ้นก็ตาม แต่ลมที่พัดแรงจัดอาจทำให้น้ำภายใน guard cell ระเหยออกมากจนกระทั่งรูใบปิดได้

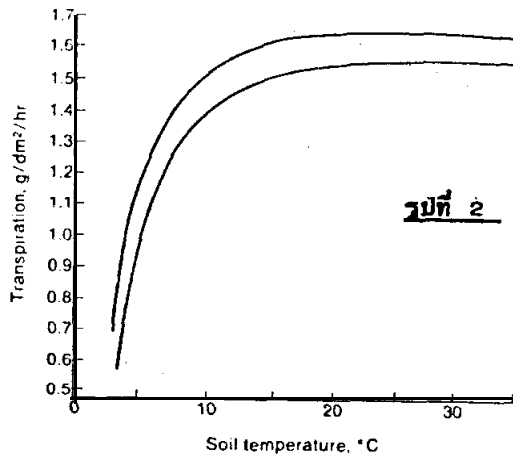
3.2.4 Light แสงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมาถึงโลกมีสองประเภทคือแสงที่ตามองเห็นได้กับแสงที่ตามองไม่เห็น แสงทั้งสองประเภทนี้ เมื่อถูกกับใบพืชจะทำให้ใบพืชมีอุณหภูมิสูงขึ้น และพืชจะดูดแสงบางชนิดไว้ใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้รูใบเปิด ดังนั้นแสงทำให้อัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นด้วยสาเหตุ 2 ประการคือ แสงทำให้รูใบของพืชส่วนมากเปิด และแสงเพิ่มอุณหภูมิภายในใบให้สูงขึ้น

3.2.5 Soil factor ถ้าน้ำในดินมีน้อย รากพืชจะดูดขึ้นมาใช้ได้น้อย พืชอาจจะขาดน้ำได้ ถ้าพืชดูดน้ำได้น้อย อัตราการคายน้ำทางใบก็จะลดลงด้วย ถ้าพืชดูดน้ำได้น้อย พืชอาจจะขาดน้ำ ซึ่งมีผลเสียแก่พืชมากมายหลายประการ รวมทั้งจะทำให้รูใบปิด มีปัจจัยที่เกี่ยวกับดินอีกอย่างหนึ่งคืออุณหภูมิของดิน ถ้าอุณหภูมิของดินลดลงจะทำให้รากดูดน้ำได้ช้าลง และมีผลทำให้การคายน้ำทางใบช้าลง

IV. Significances of transpiration

นักสรีรวิทยาได้ให้ความสนใจถึงความสำคัญของการคายน้ำของพืช โดยพยายามค้นหาว่าการที่พืชสูญเสียน้ำไปในปริมาณมาก เช่นนี้นั้นจะมีประโยชน์ต่อการเติบโตของพืชหรือไม่อย่างไร หรือว่าการที่พืชสูญเสียน้ำไปนั้น เป็นขบวนการที่พืชสามารถหลีกเลี่ยงได้

หรือไม่ และน้ำที่คายออกไปนั้นสูญหายไปโดยไม่มีประโยชน์ประการใดหรือไม่ ถ้าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์แสงกับการคายน้ำในสภาพแวดล้อมอย่างเดียวกันพบว่าขบวนการทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมาก กล่าวคือขบวนการทั้งสอง เกิดขึ้นได้ดี เมื่อพืชดูดน้ำได้ดี

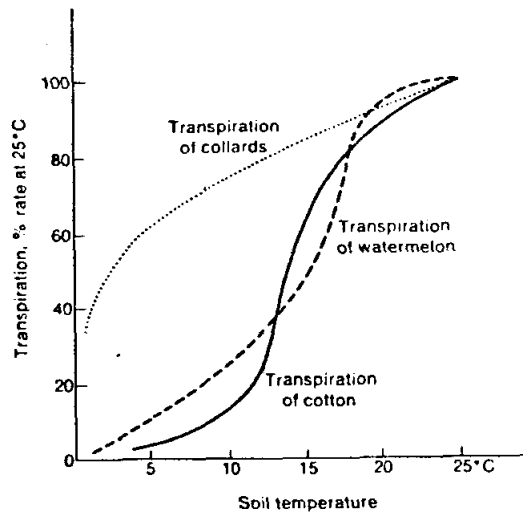


รูปที่ 2

แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิของดิน
ต่ออัตราการคายน้ำของใบพืช

รูปที่ 3

แสดงสัดส่วนของการคายน้ำ (%) ของพืช 3 ชนิด ณ อุณหภูมิของดินต่างกัน, ข้อควรสังเกต อุณหภูมิของดินสูงขึ้น สัดส่วนของการคายน้ำของพืชทั้งสามชนิดจะใกล้เคียงกัน



ความสำคัญของการคายน้ำที่มีต่อพืชอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเด็นดังนี้คือ ประเด็นแรกการคายน้ำจำเป็นต่อการเคลื่อนที่ของน้ำจากรากผ่านท่อลำเลียงน้ำสู่ยอด ประเด็นที่สองการคายน้ำทำให้การลำเลียงแร่ธาตุจากรากขึ้นยอดในปริมาณที่พอเพียง และประเด็นสุดท้ายการคายน้ำทำให้อุณหภูมิภายในต้นพืชลดลง เราจะแยกพิจารณาความสำคัญของการคายน้ำของพืชทีละประเด็นดังนี้

4.1 Flow of water

โดยทั่วไปอัตราการลำเลียงน้ำผ่านท่อลำเลียงน้ำอาจพิจารณาได้จากอัตราการคายน้ำ แต่การคายน้ำอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะอธิบายความเร็วของน้ำที่ลำเลียงอยู่ในต้นพืช ความเร็วของน้ำเกิดขึ้นจากปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น แรงดันน้ำจากรากเป็นต้น น้ำที่ออกไปทางใบช่วยดึงน้ำที่อยู่ในท่อลำเลียงน้ำให้เคลื่อนที่ทั้งนี้ เพราะน้ำมี cohesive force แต่การดึงน้ำในลักษณะดังกล่าวก็เกิดขึ้นได้เช่นเดียวกัน จากขบวนการต่าง ๆ ที่ต้องใช้ น้ำ เช่น ขบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นในขณะที่รูใบยังเปิดอยู่ อัตราเร็วของการลำเลียงน้ำอาจพิจารณาได้จากขบวนการหลายอย่างประกอบกัน ถ้าหากว่ารูใบปิดการคายน้ำทางรูใบจะหยุด ทว่าอัตราความเร็วของการลำเลียงน้ำภายในต้นพืชช้าลงอย่างมากหมายถึงกล่าวคืออัตราความเร็วจะลดลงประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ แต่น้ำในต้นพืชก็ยังคงเคลื่อนที่อยู่ในอัตราเท่ากับที่น้ำถูกใช้ไปในขบวนการต่าง ๆ ภายในพืช

4.2 Delivery of elements

มีการทดลองมากมายที่พยายามจะให้เรารู้ว่า การคายน้ำจำเป็นต่อการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุต่าง ๆ ไปสู่ภายในอัตราที่พอเพียงหรือไม่ ผลการทดลองที่ออกมาสับสน เพราะปัญหานี้ เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน การคายน้ำจะมีผลต่อการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุต่าง ๆ ก็ต่อเมื่อการคายน้ำมีผลต่อการดูดแร่ธาตุของรากจากดินเท่านั้น และปรากฏการณ์ที่ได้มาแล้วจะเกิดขึ้นภายในท่อลำเลียงน้ำถึงเอาน้ำเข้าสู่เซลล์ (ในน้ำที่เข้าไปนั้นมีสารละลายอยู่ด้วย) จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่ของแร่ธาตุในกรณีนี้เกิดขึ้นโดยไหลผ่านไปตามน้ำ (passive transport) Craft and Hoagland กล่าวว่าความเร็วของกระแสลำเลียงน้ำภายในต้นพืชช่วยให้แร่ธาตุผ่านเข้า

ไปในท่อลำเลียงน้ำได้ดีขึ้น

เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าขบวนการดูดแร่ธาตุของรากจากดินไม่ขึ้นอยู่กับขบวนการดูดน้ำของรากจากดินแต่เพียงอย่างเดียว และอัตราเร็วของการดูดน้ำมีผลต่อการดูดแร่ธาตุน้อยมาก ถ้าน้ำจากรากไหลเข้าท่อลำเลียงน้ำได้เร็ว ความเข้มข้นของสารละลายแร่ธาตุในรากจะมาก และถ้าน้ำจากรากไหลมาสู่ท่อลำเลียงน้ำได้ช้า ความเข้มข้นของสารละลายแร่ธาตุในรากจะน้อย แต่อัตราการเคลื่อนที่ของแร่ธาตุขึ้นสู่รากของทั้งสองกรณีค่อนข้างจะคงที่

4.3 Reduction of temperature

การสูญเสียความร้อนของต้นพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายทางอาทิ เช่น โดยการแผ่รังสีความร้อนออกจากใบ (reradiation) เกิดขึ้นในสภาพที่อุณหภูมิของต้นพืชสูงกว่าในบรรยากาศในรูปของ fulk flow (Convection) และในรูปของตัวนำพาไป เช่น การระเหยน้ำ การคายน้ำของพืชเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความร้อนในรูปของการระเหยน้ำ เป็นที่ยอมรับกันว่า เมื่อพืชการคายน้ำมีผลทำให้อุณหภูมิของใบและส่วนอื่น ๆ ของต้นพืชลดลงได้กล่าวมาแล้วว่าการสูญเสียความร้อนของพืชนั้นเกิดขึ้นได้หลายทาง จึงมีปัญหาเกิดขึ้นว่าการคายน้ำอย่าง เดียวจะสามารถป้องกันต้นพืชให้พ้นจากอันตรายที่จะ เกิดจากความร้อนภายในพืชหรือไม่

เมื่อหลายปีก่อน นักสรีรวิทยาเข้าใจว่าการคายน้ำมีความสำคัญต่อการสูญเสียความร้อนของพืช แต่ขบวนการที่ลดความร้อนของพืชให้อยู่ในระดับที่ต่ำสุดอันตรายนั้นคือการแผ่รังสีความร้อนออกจากใบและการสูญเสียความร้อนในรูปของ fulk flow แต่การทดลองใหม่ ๆ ทำให้เราทราบว่าในเวลากลางวันการคายน้ำมีความสำคัญต่อระดับอุณหภูมิของต้นพืช และสามารถป้องกันต้นพืชมิให้ได้รับอันตราย เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในพืชได้ ตัวอย่างเช่น Gate พบว่าถ้าพืชคายน้ำในอัตรา 3 กรัมต่อตาราง เดซิเมตรต่อชั่วโมงสามารถลดอุณหภูมิของใบได้ถึง 15°C . ส่วนในเวลากลางคืนการคายน้ำไม่เกิดและความร้อนจากบรรยากาศจะ เคลื่อนเข้าสู่ใบที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นการสูญเสียความร้อนส่วนใหญ่จึงเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนออกจากใบ Leopold และคณะพบว่าใบไม้ที่มีการคายน้ำ

ทางใบจะมีอุณหภูมิภายในค่า กว่่าใบไม้ที่ไม่มีการคายน้ำถึง 5°C .

อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์หลายท่านแย้งว่า ขณะที่อุณหภูมิของใบสูงสุด รูใบจะปิด และอัตราคายน้ำก็จะช้าลงมาก ๆ แต่พืชก็มีได้รับอันตรายจากความร้อนที่เกิดขึ้นในใบแต่อย่างใด ในเรื่องนี้มีผู้ให้ข้อคิดว่า ขณะที่รูใบปิดนั้น เป็นขณะที่พืชขาดน้ำแล้ว ดังนั้นใบของพืชจึงเหี่ยว เมื่อใบพืชเหี่ยวพื้นที่ที่ได้รับแสงแดดโดยตรงก็จะมัน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับใบที่ไม่เหี่ยว

จากความรู้ที่ได้รับ เป็นการยากที่จะบอกว่า การคายน้ำมีความสำคัญต่อการป้องกันพืชมิให้ได้รับอันตราย เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหรือไม่ แต่ที่แน่นอนคือ การคายน้ำสามารถลดอุณหภูมิของใบพืชได้