
บทที่ 5
ABSORPTION

ABSORPTION OF WATER

1. INTRODUCTION

พืชทั่วไปดูดน้ำเข้าทางราก แต่มีพืชบางชนิดดูดน้ำจากอากาศเข้าทางรากอากาศ และส่วนอื่น ๆ ของต้นพืช ส่วนพืชน้ำสามารถดูดน้ำเข้าทางรากพืช ในสภาพที่พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินมาใช้ได้ พืชจะดูดน้ำเข้าทางใบ การดูดน้ำของรากมิใช่เป็นขบวนการที่จะเกิดขึ้นได้อย่างอิสระ แต่การดูดน้ำมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการคายน้ำ และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดิน บริเวณรากที่ดูดน้ำได้มากที่สุดได้แก่ ขนราก บริเวณขนรากจะอยู่ตรงปลายของราก ท่อลำเลียงน้ำในรากแถวบริเวณขนรากจะเจริญเติบโตอยู่ในสภาพที่ทำหน้าที่ได้เป็นอย่างดี ปลายรากในบริเวณขนรากยังไม่มีสาร suberin เกิดขึ้น น้ำจึงผ่านเข้ารากในบริเวณนี้ ได้เป็นอย่างดีบริเวณขนรากจึงดูดน้ำได้ดี ทั้งขนรากยังทำให้พื้นที่ผิวของรากเพิ่มขึ้นมากมายหลายเท่าอีกด้วย ดังนั้นขนรากจึงดูดน้ำได้ดียิ่งขึ้น นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความเห็นว่า รากพืชดูดน้ำโดยวิธีการที่เราเรียกว่า active absorption และ passive absorption เราจะพิจารณาวิธีการดูดน้ำของรากพืชทั้งสองวิธีว่าวิธีใดจะใช้อธิบายการดูดน้ำของรากได้อย่างมีเหตุผลกว่ากัน แต่ก่อนที่จะไปถึงเรื่องนั้น เราควรทราบความรู้เกี่ยวกับน้ำในดินดังนี้

2. SOIL WATER

ดินประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ ซึ่งอาจแยกตามขนาดได้ดังนี้คือ อนุภาค clay เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร silt เป็นอนุภาคของดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดระหว่าง 0.002 ถึง 0.02 มิลลิเมตร และถ้าอนุภาคของดินมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ประมาณ 0.02 ถึง 0.2 มิลลิเมตร เราเรียกว่า sand แต่ถ้าอนุภาคที่เป็นส่วนประกอบของดินมีขนาดใหญ่มากกว่า 0.2 มิลลิเมตร เราอาจจัดเป็นพวกทรายหยาบหรือเม็ดกรวด ปริมาณของอนุภาคชนิดต่าง ๆ ทำให้คุณสมบัติของดินแตกต่างกันเป็นต้นว่า ถ้าดินชนิดใดมี clay อยู่มาก ดินจะอุ้มน้ำได้ดี การระบายน้ำและอากาศในดินดี และถ้าดินมีส่วนผสมของ sand อยู่มาก ดินจะอุ้มน้ำได้น้อย, การระบายน้ำและอากาศในดินดี และถ้าดินมีส่วนผสมของ silt อยู่มาก

ดินจะร่วมอุ้มน้ำได้คือประมาณ ทั้งการระเหยอากาศ

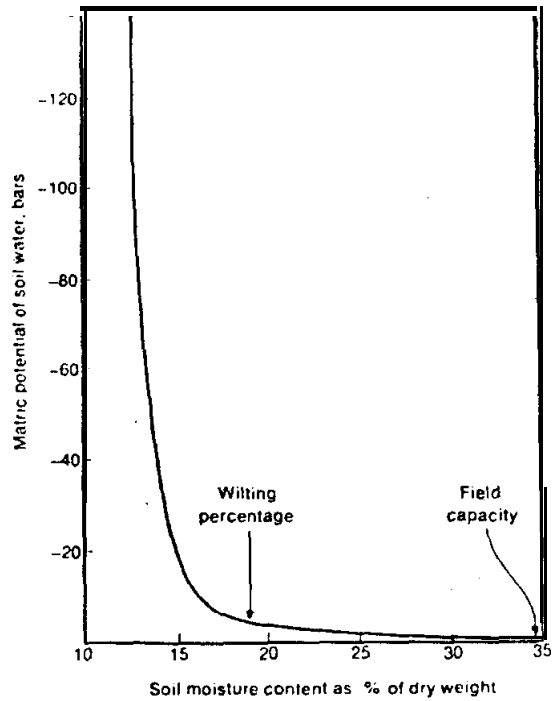
อนุภาคของดินมีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือยาวรี การเรียงตัวของอนุภาคดินทำให้เกิดช่องว่างขึ้นในดินมากมาย ช่องว่างเหล่านี้เป็นที่อยู่ของอากาศและน้ำ ถ้าดินแห้งจะมีอากาศมาก และเมื่อเวลาเรารดน้ำลงในดิน น้ำบางส่วนจะติดอยู่กับผิวดินด้วย adhesive force และ Cohesive force, น้ำที่ติดอยู่กับผิวอนุภาคดินมากเท่าไรก็ยังมีแรงเกาะกันมากขึ้นจากแรงเกาะกันระหว่างผิวอนุภาคดินได้เป็น 2 ชนิดคือ hygroscopic water และ capillary water. Hygroscopic water คือน้ำที่ติดอยู่กับผิวอนุภาคดินมีแรงเกาะกันระหว่างผิวดินกับน้ำประมาณ 10,000 ถึง 31 bars เป็นน้ำชั้นในสุดนี้มีความหนาเพียง 2-3 ไมโครเลกุลเท่านั้น Capillary water เป็นน้ำที่เกาะอยู่กับผิวดินชั้นนอกออกมา เป็นน้ำชั้นที่ต่อออกมาจาก hygroscopic water มีแรงเกาะกันระหว่างผิวอนุภาคของดินกับน้ำประมาณ 31 ถึง 1/3 bars เราอาจเรียกแรงชนิดนี้ว่า capillary force น้ำที่มีแรงเกาะกันกับผิวอนุภาคของดินน้อยกว่า 1/3 bars จะไหลลงสู่เบื้องล่างด้วยแรงดึงดูดของโลก เราเรียกน้ำที่ไหลลงสู่เบื้องล่างด้วยแรงดึงดูดของโลกนี้ว่า gravitational water หรือ free water

ถ้าเราเปรียบเทียบปริมาณ hygroscopic water และ capillary water ที่อยู่ในดินชนิดต่าง ๆ จะพบว่า ในดินที่มีอนุภาค clay อยู่มากจะมี hygroscopic water มากเช่นเดียวกันเพราะอนุภาค silt มีขนาดเล็กมาก จึงมีพื้นที่ผิวที่จะให้น้ำเกาะมากขึ้น ส่วนดินชนิดใดที่มีอนุภาค silt และอนุภาค sand อยู่มาก จะมี hygroscopic water น้อยลงตามลำดับ ปริมาณ capillary water ในดินชนิดต่าง ๆ ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน hygroscopic water คือดินที่มีอนุภาค clay อยู่มากจะมีปริมาณ capillary water มาก และลดหลั่นลงมาตามลำดับในดินที่มีอนุภาค silt. อนุภาคดินใดที่มีอนุภาค clay อยู่มาก เราเรียกว่าดินเหนียว, ดินใดที่มีอนุภาค silt อยู่มากเราเรียกว่าดินร่วน และดินใดที่มีอนุภาค sand อยู่มากเราเรียกว่าดินทราย ดังนั้นเราอาจสรุปได้ว่า ดินเหนียวจะมีน้ำเกาะที่อนุภาคของดินสูงสุด และมีช่องระบายอากาศในดินน้อยที่สุด ดินร่วนจะมีปริมาณน้ำที่เกาะ

น้ำที่เกาะอยู่กับอนุภาคของดินปานกลาง และมีช่องว่างภายในดินปานกลาง ส่วนดินทรายจะมี น้ำเกาะที่อนุภาคของดินต่ำสุด แต่มีช่องว่างระบายอากาศมากที่สุด

นอกจากเราจะแยกชนิดของน้ำในดินโดยใช้แรงยึดเกาะของน้ำกับผิวอนุภาคของ ดิน เป็นหลักมาแล้ว เราอาจบอกปริมาณน้ำในดิน เป็น เปอร์ เซนต์ของน้ำหนักแห้งของดิน ซึ่งแบ่ง ออกเป็น field capacity (FC) และ permanent wilting pe rcentage (PWP) Field capacity หมายถึงปริมาณน้ำที่อยู่ในดินที่อยู่ติดกับอนุภาคดินด้วยแรง capillary force (คิดเป็น เปอร์ เซนต์ของน้ำหนักดินแห้ง) ส่วน permanent wilting Percentage คือปริมาณน้ำในดิน (คิด เป็น เปอร์ เซนต์ของน้ำหนักดินแห้ง) ที่พืชเริ่มจะไม่สามารถดูดไปใช้ได้ FC ของดินชนิดหนึ่งหรือของดินในที่หนึ่ง ๆ มีค่าสูงสุดคงที่แต่ค่าของ PWP จะขึ้นอยู่กับประ- เภทของดินและพืชที่ปลูกอาทิเช่น water potential ของดิน เท่ากับ -10 bars พืชบางชนิดไม่สามารถดูดน้ำมาใช้ได้เพราะ water potential ของรากพืชสูงกว่า (ลบ- น้อยกว่า) -10 bars เช่น รากพืชมี water potential เท่ากับ -5 bars หรือ -8 bars เป็นต้น แต่พืชอีกหลายชนิดสามารถดูดน้ำจากดินมาใช้ได้เพราะรากพืชมี water potential ต่ำกว่า (ลบมากกว่า) -10 bars เช่น -80 bars หรือ -100 bars เป็นต้น ช่วงของน้ำในดินที่พืชสามารถดูดขึ้นมาใช้นั้นอยู่ระหว่าง FC กับ PWP เรา- เรียกน้ำในดินช่วงนี้ว่า water supplying capacity (WSC)

เนื่องจากดินชนิดต่าง ๆ มีปริมาณ hygroscopic water capillary water ต่างกัน ดังนั้น FC และ PWP ของดินแต่ละชนิดจึงต่างกันด้วย ดินเหนียว (เป็นดินที่มีอนุภาค clay อยู่มาก) มีค่า FC และ PWP สูงกว่าดินทราย (ซึ่งเป็นดินที่มีอนุภาค sand อยู่มาก), ส่วนดินร่วน (เป็นดินที่มีอนุภาค silt อยู่มาก) จะมีค่า FC และ PWP อยู่ระหว่าง FC และ PWP ของดินเหนียวและดินทราย (ดูค่า FC และ PWP ของดินตัวอย่างแต่ละชนิดจากตารางที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณน้ำในดิน เป็น เฟอร์ เซนส์ กับ
matric potential ของดินชนิดหนึ่ง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณน้ำ (คิด เป็น เฟอร์ เซนส์ ของดินแห้ง) ในดินชนิด
ต่าง ๆ

	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย
FC, = -0.1 bar	40	20	10
PWP, = -15 bar	20	10	5
WSC	20	10	5

หมายเหตุ ค่า FC, PWP และ WSC ที่อยู่ในตารางได้จากดิน 3 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดประกอบด้วยอนุภาคของดินเพียงอย่างเดียว เช่นดินเหนียวก็มีเฉพาะอนุภาค clay ดินทรายก็มีเฉพาะอนุภาค sand เพียงอย่างเดียว, และ FC และ PWP คิดเมื่อดินแต่ละชนิด มีค่า water potential เท่ากับ -0.1 bar และ -15 bars

เวลาเรารดน้ำลงบนดินแห้ง ถ้าน้ำมีปริมาณเกิน FC ของดิน น้ำที่อยู่ในดินจะเกินปริมาณ FC เพียงชั่วขณะหนึ่งเท่านั้น น้ำที่เกินนั้นจะไหลลงสู่ดินข้างล่าง น้ำที่เหลืออยู่ในดินชั้นบนจะค่อย ๆ ระเหยไปจากดิน ทำให้ปริมาณน้ำในดินจะลดลงต่ำกว่า FC ซึ่งอาจจะถึง PWP ได้, ถ้าน้ำจากบริเวณอื่นเคลื่อนที่มาแทนที่น้ำที่สูญเสียไปทันที แต่รากพืชมักจะมีการเจริญเติบโตหาสู่ดินที่มีน้ำ (และแร่ธาตุต่าง ๆ) ทั้งรากพืชยังมีการแลกเปลี่ยนได้อย่างมากมาย จากลักษณะการเจริญของรากเช่นนี้ ทำให้รากสามารถดูดน้ำและแร่ธาตุไปใช้ได้เพียงพอ ถ้าสภาพดินไม่เลวเกินไป นอกจากนี้น้ำที่อยู่ในดินลึกลงไปยังสามารถเคลื่อนที่แทนที่น้ำที่สูญเสียไปได้อีกด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากข้างล่างขึ้นสู่ข้างบนนี้อาศัยแรง capillary force ถ้าดินข้างบนเป็นดินเหนียวด้วยแล้ว ยิ่งทำให้น้ำขึ้นมาได้สูง เพราะช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินเหนียวมีขนาดเล็กมาก

3. MECHANISM OF WATER ABSORPTION.

3.1 Types of Absorption

วิธีการที่รากพืชดูดน้ำเป็นขบวนการที่สลับซับซ้อน เราพอจะแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีการ คือ active absorption และ passive absorption ซึ่งมีความหมายดังต่อไปนี้

3.1.1 Active absorption คือการดูดน้ำของรากพืชโดยใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากขบวนการเมแทบอลิซึม และการดูดน้ำของรากพืชโดยวิธีนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของรากพืชโดยตรงไปเกี่ยวข้องกับส่วนอื่น ๆ ของราก

3.1.2 Passive absorption คือการดูดน้ำของรากพืชที่ไม่ต้องใช้พลังงานจากขบวนการเมแทบอลิซึม และไม่เกี่ยวข้องกับรากพืช (น้ำจะถูกดูดผ่านรากพืชมากกว่าที่รากพืชจะดูดน้ำ)

3.2 Explanations of Water Absorption

มีทฤษฎีต่าง ๆ ที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของน้ำทั้งสองวิธีหลายทฤษฎีด้วยกัน อาทิเช่น theories, non-osmotic theories and transpiration pull เป็นต้น

3.2.1 Osmotic Theories การเคลื่อนที่ของน้ำจากดินเข้าราก โดยทฤษฎีนี้ไม่เกี่ยวข้องกับ การใช้พลังงานจากขบวนการเมแทบอลิซึมโดยตรง ทฤษฎีนี้กล่าวว่า น้ำเคลื่อนที่จากดินเข้าสู่รากได้เนื่องจาก osmotic potential ของสารละลายในรากต่ำกว่า osmotic potential ของสารละลายในดิน ปกติ osmotic potential ของสารละลายในรากพืชจะมีค่าประมาณ -2 bars ส่วนสารละลายในดินมี osmotic potential ประมาณ -1 bar ซึ่งมีผลทำให้น้ำจากสารละลายในดินไหลเข้าสู่ราก (น้ำจากสารละลายที่มีค่า osmotic potential สูงกว่าไหลไปสู่สารละลายที่มีค่า water potential ต่ำกว่า) ขณะที่น้ำผ่านเข้าไปในราก แร่ธาตุที่ละลายมากับน้ำจะไหลตามน้ำเข้าสู่ราก ทำให้แร่ธาตุสะสมอยู่ในรากมาก osmotic potential ภายในรากลดลงตาม เมื่อเป็นเช่นนี้รากพืชจึงดูดน้ำเข้ารากได้ตลอดเวลา ในเรื่องนี้มีปัญหาเรื่องความเข้มข้นของสารละลายภายในรากว่าจะสูงตลอดเวลาพอที่จะทำให้รากดูดน้ำได้ตลอดเวลาหรือไม่ และความเข้มข้นของสารละลายใน xylem จะสูงกว่าใน cortex และใน cortex จะสูง กว่าใน epidermis หรือไม่ Kramer (1969) ได้ศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจังและสรุปว่า ความเข้มข้นของสารละลายในรากมีพอเพียงสม่ำเสมอที่จะทำให้รากดูดน้ำจากดินได้ตลอดเวลาในสภาพปกติ แต่ Pandey และ Sinha (1972) ได้ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายภายใน xylem กับ cortex ของรากพบว่า สารละลายใน xylem มีความเข้มข้นน้อยกว่าสารละลายใน cortex จากรายงานทั้งสองนี้ทำให้เราทราบว่า น้ำจะผ่านเข้าสู่รากได้ และน้ำจาก cortex จะผ่านเข้าสู่ xylem ด้วยวิธีการ osmosis อาจไม่ได้

ปัญหาต่อไปคือ เราจะจัดการดูคน้ำของรากด้วยวิธีการออสโมซิสอยู่ในประเภท active absorption หรือ passive absorption ก่อนที่เราจะพิจารณาในเรื่องนี้ เราควรทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ผ่านจากดิน เข้าสู่รากนั้นไม่ได้ใช้พลังงานโดยตรง แต่การสะสมแร่ธาตุที่ทำให้เกิดความเข้มข้นภายในรากสูงนั้นจะต้องใช้พลังงาน และน้ำเคลื่อนที่เข้าสู่รากด้วยความแตกต่างของ osmotic potential ดังนั้นขบวนการดูดน้ำของรากด้วยวิธีออสโมซิสนี้ก็มักจะเป็นแบบ passive absorption มากกว่า active absorption แต่ถ้าพิจารณาอีกแง่หนึ่งตามความหมายของ Greulach (1973) ซึ่งให้ความหมายของ active absorption ว่าเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นกับรากโดยตรง ดังนั้น Greulach จึงถือว่า osmotic theories เป็น active absorption.

3.2.2 Non-osmotic Absorption ได้มีการพิจารณาว่าจะเป็นไปได้หรือไม่ที่รากอาจดูดน้ำโดยใช้พลังงานจากขบวนการสังเคราะห์แสง ผู้ที่เห็นว่ารากพืชดูดน้ำโดยใช้พลังงานจากขบวนการสังเคราะห์แสงให้เหตุผลสนับสนุนดังนี้คือ ถ้าพิจารณาความเข้มข้นของสารละลายภายใน cortex กับสารละลายภายใน xylem พบว่าสารละลายภายใน cortex มีความเข้มข้นสูงกว่า ดังนั้นการที่น้ำจะเคลื่อนที่เข้า xylem ได้นั้นจะต้องมีพลังงานอย่างอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง และได้มีรายงานว่าการดูดน้ำของรากมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดขบวนการหายใจ ถ้ารากพืชมีการหายใจมากจะมีการดูดน้ำเข้ารากมาก อย่างไรก็ตาม เหตุผลดังกล่าวมิได้แสดงให้เห็นชัดว่าการดูดน้ำของรากจะต้องใช้พลังงานจากขบวนการสังเคราะห์แสงของราก และยังไม่มียุทธฐานโดยตรงที่แสดงว่าการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่รากจะต้องใช้พลังงานเข้าช่วย

สำหรับผู้ที่ไม่เห็นด้วยกับความคิดดังกล่าว (Levitt 1974) ได้ให้ความเห็นว่า น้ำจะผ่านเข้าออกจากผนังเซลล์ของรากได้อย่างสะดวก ถ้าผนังเซลล์ไม่มีสาร suberin การที่น้ำผ่านเข้าออกผนังเซลล์ได้ดีเช่นนี้จะต้องมีพลังงานปริมาณหนึ่งที่จะยึคน้ำผ่านเข้ามาในเซลล์ของรากแล้ว ไม่ให้ออกไปอีก และรากพืชจะต้องมีพลังงานอีกปริมาณหนึ่งที่จะใช้ดูดน้ำเข้าราก พลังงานที่รากมีนั้นจะต้องมากเกินผลรวมของพลังงานทั้งสองปริมาณ แต่ Levitt ได้

ให้ความเห็นว่ารากพืชไม่สามารถสร้างพลังงานจำนวนนี้ขึ้นมาได้ ดังนั้น Levitt จึงมีความคิดว่ารากพืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาด้วย พลังงานจากขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพียงอย่างเดียวได้

3.2.3 Transpiration Pull ตามปกติใน xylem ของราก ลำต้นและใบจะต่อกันเป็นสาย ขณะที่พืชมีการคายน้ำ น้ำบางส่วนในต้นพืชจะหายไป โมเลกุลของน้ำระเหยออกทางรู ใบจะดึงโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในใบ และแรงดึงจะเกิดขึ้นต่อ ๆ กันไปจนถึงราก แรงดึงเนื่องจากการคายน้ำของใบนี้ทำให้ pressure potential ของสารละลายในใบ ลำต้น และรากลดลงอย่างมากมาย ซึ่งมีผลทำให้ water potential ของสารละลายลดลงด้วย ดังนั้นในขณะที่พืชมีการคายน้ำ water potential ของสารละลายในรากพืชจึงต่ำกว่า water potential ของสารละลายในดิน มีอันมาก ด้วยเหตุนี้ น้ำจึงสามารถไหลเข้าไปในรากพืชได้อย่างสะดวก บางครั้งพบว่า Water potential ของสารละลายในดินต่ำถึง -15 bars พืชก็ยังสามารถดูดน้ำได้ ทั้งนี้เนื่องจากด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ปกติ osmotic potential ของสารละลายในรากมีค่าประมาณ -2 bars และสารละลายในดินมีค่าสูงประมาณ -0.1 bars แต่ในกรณีแรกแสดงว่าสารละลายในรากมีค่า water potential ต่ำกว่า -15 bars แต่ osmotic potential มีค่าเพียง -2 bars ดังนั้น pressure potential มีค่าถึง -13 bars เป็นอย่างสูง (อาจมีค่าลบมากกว่านี้)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การคายน้ำมีความสำคัญต่อการลด pressure potential ของสารละลายในต้นพืชมาก การเคลื่อนที่ของน้ำจากดินเข้าสู่รากโดยวิธีนี้ เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำไหลตาม water potential gradient คือน้ำจะไหลจากสารละลายในดินซึ่งมี water potential ต่ำกว่า และการเคลื่อนที่ของน้ำโดยวิธีนี้มิได้เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานโดยตรงแต่อย่างใด ดังนั้นทฤษฎี transpiration pull จึงจัดเป็น passive absorption

ขณะที่พืชคายน้ำออกจากใบจะมีแรงดึงปริมาณมากมาย เกิดขึ้นกับสายน้ำใน

xylem ของใบ ลำต้น และต่อเนืองลงไปถึงน้ำใน xylem ของราก แรงนี้เกิดขึ้นเนื่องจาก cohesive force ของโมเลกุลของน้ำนั่นเอง แรงที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการดูดน้ำของราก หลักฐานจากการทดลองหลาย ๆ ครั้งพบว่าอัตราการดูดน้ำของรากจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับอัตราการคายน้ำของใบ ถ้าการคายน้ำสูงรากพืชก็จะดูดน้ำได้ขึ้นแต่ในบางครั้งพบว่า อัตราการคายน้ำของใบสูงมาก แต่อัตราการดูดน้ำของรากมิได้สูงตามขึ้นไป ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นเพราะใน tissue ของรากมีความต้านทานต่อกระแสหน้าที่ไหลผ่าน เข้าสู่ราก ทำให้น้ำไหลเข้าสู่รากไม่ทัน ถ้าเกิดขึ้นเป็นเวลานาน ๆ ใบจะเหี่ยว และใบพืชจะกลับคืนสู่สภาพปกติ เมื่ออัตราการคายน้ำลดลง แต่ถ้าในขณะที่ใบเหี่ยว ใบพืชยังมีการสูญเสียน้ำอีก ใบพืชจะเหี่ยวอย่างถาวร การที่น้ำภายในต้นพืชสูญเสียจะด้วยวิธีการคายน้ำหรือวิธีใดก็ตาม จะทำให้ pressure potential ใน xylem ลดลง ยิ่งมีการสูญเสียน้ำมากเท่าใด pressure potential จะลดลงมากขึ้นเท่านั้น การที่ pressure potential ลดลง เช่นนี้ทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในสายน้ำที่อยู่ใน xylem และถ้า pressure potential ที่เกิดขึ้นนี้สูงถึงจุด ๆ หนึ่ง อาจทำให้สายน้ำใน xylem ขาดออกจากกันได้ ในเมื่อกรณีนี้เกิดขึ้นพืชมักจะแห้งตายไปในที่สุด

จึงอาจสรุปได้ว่าแรงดึงที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การคายน้ำของใบ เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำจากดิน เข้าสู่ราก มากกว่าอย่างอื่น

IV. ABSORPTION OF WATER BY AERIAL PART OF THE PLANT

ส่วนต่าง ๆ ของพืชที่อยู่เหนือดินสามารถดูดน้ำหรือไอน้ำจากอากาศได้ ไอน้ำและน้ำสามารถผ่านเข้าทางใบทาง cuticle ใบพืชบางชนิด อาทิเช่น แอมเปิลมี cuticle ไม่ติดต่อกัน และมีชั้นของสาร pectin อยู่แทน น้ำสามารถซึมผ่านชั้น pectin นั้นได้ ได้ pectin มีเซลล์ลำเลียงน้ำยื่นเข้ามาจกอยู่ จึงทำให้ใบพืชชนิดนี้ดูดน้ำหรือไอน้ำเข้า สู่ใบได้ดี

V. FACTORS AFFECTING THE RATE OF WATER ABSORPTION

ปัจจัยที่มีผลทำให้อัตราการดูดน้ำของรากพืช เปลี่ยนไปมีอยู่หลายประการดัง

นี้คือ ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณแร่ธาตุในดิน อุณหภูมิของดิน ช่องว่างในดิน การคายน้ำของใบ ลักษณะของระบบราก และขบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นภายในรากพืช คือไปเราจะพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เป็นข้อ ๆ ดังนี้

5.1 ปริมาณน้ำในดิน

เราได้ทราบแล้วว่าน้ำที่เกาะอยู่ที่ผิวอนุภาคของดินสามารถแบ่งออกได้ 3 ชั้น ตามแรงเกาะระหว่างน้ำกับผิวอนุภาคของดิน น้ำที่รากพืชดูดไปใช้ได้คือ capillary water ซึ่งเป็นน้ำที่อยู่ระหว่าง field capacity (FC) กับ permanent wilting percentage (PWP) ถ้าดินมีน้ำชนิดนี้อยู่ รากพืชจะดูดน้ำไปใช้ได้ตามปกติ โดยไม่มีการกระทบกระเทือนแต่อย่างใด แต่ถ้าน้ำในดินต่ำกว่า permanent wilting percentage พืชจะดูดน้ำได้น้อยลงหรือดูดไปใช้ไม่ได้เลย ทำให้อัตราการดูดน้ำของรากลดลงอย่างมาก และถ้าน้ำในดินมีมากเกินไปเกิน FC จะทำให้การระเหยอากาศในดินมีน้อย มีผลกระทบกระเทือนต่อการดูดน้ำของรากเช่นเดียวกัน เหตุอันหลังนี้ทำให้รากพืชดูดน้ำได้น้อยลงเช่นเดียวกัน

5.2 ความเข้มข้นของแร่ธาตุในดิน

ในดินมีแร่ธาตุต่าง ๆ มากมาย แร่ธาตุเหล่านี้อาจจะละลายอยู่ในน้ำหรือไม่ละลายอยู่ในน้ำก็ได้ แร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำจะทำให้ osmotic potential ของน้ำในดินลดลง และแร่ธาตุที่ไม่ละลายอยู่ในน้ำจะทำให้ matric potential ของน้ำลดลง เพราะฉะนั้นรวมความแล้ว water potential ของน้ำในดินลดลงถ้ามีแร่ธาตุสูงในดิน และถ้า water potential ของน้ำในดินลดต่ำกว่า water potential ของสารละลายในรากแล้ว รากพืชก็จะไม่สามารถดูดน้ำไปใช้ได้ ด้วยเหตุนี้เราปลูกพืชในที่ดินเค็ม (ดินที่มีแร่ธาตุต่าง ๆ อยู่ในปริมาณสูง) พืชอาจจะแห้งตายเพราะรากพืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินขึ้นไปใช้ได้นั่นเอง

5.3 อุณหภูมิในดิน

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดูดน้ำของรากพืชทั่วไปอยู่ระหว่าง 20-30 องศา เซนติเกรด ถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้รากพืชดูดน้ำได้ช้าลง และถ้าอุณหภูมิสูงเล็กน้อยจะทำให้รากพืชดูดน้ำได้มากขึ้น แต่หากอุณหภูมิสูงมาก ๆ จะทำให้เซลล์ของรากตาย อุณหภูมิค่ามีผลต่อการดูดน้ำของรากพืชดังนี้คือ รากพืชเจริญเติบโตช้าลง การเคลื่อนที่ของน้ำในดินเข้าสู่รากช้าลง เพิ่มความเหนียวของสารละลายในเซลล์ permeability ของ cell membrane

5.4 การระบายอากาศของดิน

รากพืชดูดน้ำได้ดีเมื่อดินมีการระบายอากาศดี แม้จะมีพืชบางชนิดที่สามารถดูดน้ำได้ดีในสภาพที่การระบายอากาศของดินเลว ตามปกติถ้าดินขาด O_2 จะทำให้รากโตช้าและ permeability ของผนังเซลล์ลดลง ผลทำให้การดูดน้ำของรากลดลง

5.5 การคายน้ำของใบ

อัตราการดูดน้ำของรากมีค่าเกือบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการคายน้ำของใบ ถ้าใบพืช คายน้ำได้ปริมาณสูงจะทำให้อัตรา การดูดน้ำของรากพืชสูงด้วย ทั้งนี้เพราะไอน้ำที่ระเหย ออกจากใบมีแรงดึงระหว่างโมเลกุลของน้ำที่อยู่ต่อกัน ทำให้ pressure potential ของสารละลายในต้นพืชต่ำลง (มีแรงดึงเพิ่มขึ้น) ท้ายสุดจะทำให้ น้ำจากดินผ่าน เข้าสู่ราก ได้ดีขึ้น

5.6 ลักษณะของระบบราก

ระบบรากของพืชแต่ละชนิดมักจะแตกต่างกัน พืชบางชนิดมีระบบต้นแต่แพร่กระจายไปตามผิวดิน พืชบางชนิดมีระบบรากลึกแต่แพร่กระจายน้อยและเราได้ทราบมาแล้วว่า ส่วนของรากที่ดูดน้ำได้ดี ได้แก่ส่วนของขนราก (root hair) ขนรากเป็นส่วนของรากที่มีโครงสร้างบอบบางและมีอายุสั้น แต่มีรายงานว่ามิขนรากของพืชบางชนิดมีผนังหนาและสามารถอยู่ได้นาน ทั้งยังมีสาร suberin และ lignin อยู่ด้วย ในสภาพเช่นนี้จะทำให้ขนรากดูดน้ำได้น้อยลง รากพืชแต่ละต้นมีปลายยอดรากมากมาย ทำให้มีการดูดน้ำได้ดี รากที่มีอายุน้อย ๆ จะดูดน้ำได้ดีกว่ารากที่มีอายุมาก ๆ ดังนั้นถ้ารากพืชแตกแขนงมากเท่าใด

พืชก็สามารถดูดน้ำได้มากขึ้นเป็นสัดส่วน ถ้ารากพืชมีสาร suberin อยู่มากจะทำให้รากนั้นดูดน้ำได้น้อยลง ในพืชที่มีอายุมาก ๆ รากพืชส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถดูดน้ำได้ดีเพราะรากพืชส่วนมากมีสาร suberin สะสมอยู่