

TEMA 4. EL BALANCE HÍDRICO: ABSORCIÓN Y TRANSPORTE DEL AGUA

El agua es transportada desde la raíz a las hojas a través de una columna continua aunque heterogénea. Al tiempo que las hojas toman CO_2 de la atmósfera, para realizar el proceso fotosintético, pierden grandes cantidades de H_2O , por lo que la supervivencia de la planta depende de la toma continua de agua desde el suelo y el transporte de la misma a lo largo del xilema.

El agua del suelo

El agua del suelo disponible para la planta viene determinada por la conductividad hidráulica del suelo, que depende del tipo y características de la matriz que lo forma.

Un suelo saturado de agua tendrá un potencial hídrico $\Psi \cong 0.00$ MPa, y una capacidad de campo (% de peso de agua) que dependerá de su textura (alrededor de 30% en suelos arenosos y del 70% en suelos arcillosos. A medida que estos suelos se sequen el potencial hídrico del suelo disminuirá, hasta un contenido hídrico en que las plantas se marchitan (porcentaje de marchitez permanente), que corresponde a un $\Psi \cong -1.5$ MPa, aunque varía según las especies (es menor en plantas adaptadas a sequía). Tradicionalmente se define al agua disponible para la planta como la diferencia entre la capacidad de campo y el porcentaje de marchitez permanente.

Absorción radicular del agua

Aunque hay especies capaces de absorber la humedad de la niebla y el rocío, la cantidad de agua foliar incorporada es insignificante comparada con la absorción radicular. Para la entrada de agua por la raíz es necesario el contacto físico entre esta y el suelo. Aunque no son imprescindibles, y no siempre se desarrollan, los pelos radiculares aumentan la superficie de absorción de agua de la raíz y fijan al suelo las raíces jóvenes.

La estructura de la raíz determina la absorción del agua. En el ápice, el sistema vascular no está desarrollado, de forma que el agua no puede ascender y en zonas muy distales del ápice, el grado de suberización y lignificación es tan elevado que el agua encuentra una gran resistencia. Así, la zona de máxima absorción es la inmediata superior a la zona meristemática. El agua entra inicialmente por la epidermis y el córtex de la raíz por vía apoplástica, transmembrana y/o simplástica, atraviesa el córtex hasta llegar a la endodermis, donde el agua transportada por vía apoplástica se encuentra con la banda de Caspari, una banda de células suberizadas que impide el paso de agua, y tiene que entrar dentro de las células para seguir por vía simplástica hasta alcanzar el xilema.

Transporte de agua a largas distancias (xilema)

Una vez el agua llega al xilema es transportada verticalmente hacia las hojas.

Si se corta un tallo de una planta herbácea, es frecuente la exudación de líquido por la superficie de corte, en un fenómeno llamado presión radical. A veces, en algunas plantas se puede observar, sobre todo en días calurosos gotas de líquido en los márgenes de las hojas (en estructuras llamadas hidátodos). Este fenómeno se denomina gutación y es provocado por la presión radical. El origen de estas fuerzas está en el transporte de iones desde el parénquima acompañante del xilema al interior del mismo, disminuyendo así su potencial osmótico, Ψ_s . Aunque una presión radical de 0.1 MPa, que se ha llegado a medir, podría ascender al agua a 10 m, la presión radical no se ha demostrado en todas las especies y es circadiana y estacional. El diferencial de presión hidrostática necesario para transportar agua a una altura de 100 metros es de unos 3MPa, teniendo en cuenta el diferencial de presión debido a la gravedad, por lo que la presión radical no puede explicar esta ascensión del agua en las plantas.

Las tráqueas y traqueidas que constituyen el xilema, son células muertas muy adelgazadas, con perforaciones laterales que permiten el contacto entre ellas formando largos capilares que hacen del xilema la vía que ofrece menor resistencia al transporte de agua.

De forma ideal, el flujo de agua a través de los capilares del xilema viene determinado en la ecuación de Poiseuille (tema 3). Pero no basta un sistema de capilares para lograr ascensos de agua de más de 100 m. y flujos tan elevados como 10-30 (pudiendo llegar a 100) m h⁻¹

Teoría de la tensión-cohesión

A diferencia de los animales, el transporte de agua en las plantas es pasivo, sin consumo de energía, y aunque sería más fácil de explicar en especies de porte pequeño, el sistema de transporte vertical de agua hacia la copa de los árboles es muy controvertido. La teoría más aceptada en la actualidad es la de la tensión-cohesión.

Según esta teoría el diferencial de presión hidrostática entre el agua de las hojas y de la raíz es la fuerza motriz para transportar el agua verticalmente. Los espacios aéreos intercelulares del parénquima del mesófilo foliar está prácticamente al 100% de humedad; el Ψ_p del agua en el aire, entre 20°C y 90% de humedad relativa, es de -14.2 MPa. Este diferencial de presión es más que suficiente para succionar el agua de la raíz a las hojas, por lo que la atmósfera, siempre menos húmeda, “tirará” del agua (transpiración). La elevada fuerza de cohesión de agua hace que ésta se comporte como una columna homogénea.

Esta fuerte succión puede producir roturas de la columna de agua y producir “cavitaciones” o “embolias” (burbujas de aire). La estructura de las tráqueas y traqueidas dificulta la formación de las cavitaciones. El aumento de la presión radicular, al disminuir la transpiración, podría ayudar a expulsar el aire y eliminar algunas de las embolias.

Movimiento del agua en las hojas

En las hojas, el sistema vascular se ramifica por todo el limbo, estando toda célula a no más de dos o tres células vecinas de distancia de un elemento xilemático. En ellas, las fibras de celulosa y pectinas de las paredes celulares, que pierden agua por transpiración, ejercen de fuerza de atracción de la que llega vía xilema. Las paredes celulares del mesófilo forman una red de espacios aéreos en contacto con la atmósfera. El agua en forma de vapor en estos espacios difunde mucho más rápido que en estado líquido, por lo que en el mesófilo el movimiento célula-célula es fundamentalmente a través de difusión intracelular.