

FISIOLOGIA VEGETAL

1er parcial

TEMA 2 la célula vegetal

Estructuras similares a la célula animal. Diferencias: Cloroplastos

, gran vacuola central y pared celular.

SISTEMAS DE MEMBRANA

REL: Da origen a la mayoría de los sistemas de membranas celulares.

RER: Relacionado con la síntesis de proteínas.

Ap. Golgi: Estructura polarizada formadora de vesículas, que se forman en una cara y se expulsan por la otra. Remodifica moléculas, sintetiza algunos polisacáridos de la pared. Se cree que es también un sistema para eliminar sustancias que impiden el buen funcionamiento de la planta.

Vacuola: Estructura de mayor tamaño. Cuanto mayor la célula es mas madura. Tiene membrana sencilla (tonoplasto). Disolución diluida de ácidos orgánicos, iones, proteínas en poca cantidad y azúcares. **Función:** mantiene el volumen celular y la turgencia. Crecimiento celular. Durante la senescencia muchos enzimas hidrolíticos están en la vacuola. Homeostasis, mantenimiento de niveles, lo que no usa lo incluye en la vacuola. El pH de un limón es 3 pero el metabolismo se da en un pH de 6.5–7.0 por lo que dentro de la vacuola es 3 pero en el citoplasma es 7. acumula tóxicos y colorantes de las plantas. Almacenamiento de proteínas.

Pág. 5 Cloroplasto: doble membrana (teoría del endosimbionte), DNA propio. Tienen unas estructuras membranosas, los tilacoides (bolsitas de membrana externa con un espacio interior). Los grana son acumulaciones de tilacoides. Los tilacoides pueden ser de dos tipos:

Tilacoide del grana = lamelas del grana

Tilacoide del estroma = están fuera del grana interconectando los grana (estroma es la matriz donde están los tilacoides).

Es un orgánulo que permite la absorción de energía luminosa y la conversión en energía química. Las reacciones no luminosa se dan en el estroma.

Mitocondria: doble membrana y DNA propio. Tiene una serie de crestas de membrana interna lo que le permite compartimentalizar lo q se usa para crear gradientes y usar bombas de protones para generar ATP gracias a una membrana interna impermeable.

Micro cuerpos: peroxisomas y glioxisomas. De membrana sencilla.

–Peroxisomas: descomponen el H_2O_2 mediante la catalasa. Por las reacciones fotosintéticas o por estrés el H_2O se transforma en H_2O_2 (toxico) y la súper óxido dismutasa y la catalasa lo transforman en no toxico. Fotorrespiración y degradación de lípidos.

Plasmodesmos: interconexiones entre células vegetales. La pared esta interrumpida y se conectan los citoplasmas, gracias al desmotúbulo, q es una vesícula de RER aplastada q conecta dos células atravesando el plasmodesmo.

PAG 6 Ø De 60 aunque solo la atraviesan moléculas de 2 NM pues hay proteínas estabilizando el canal y ponen trabas al paso.

Citoesqueleto: red tridimensional q hace una estructura interna determinada. **Función** = transporte de vesículas. Organización espacial de la célula. Diferenciación. Movimientos del citosol.

– microtúbulos ð proteína globular (tubulina) de dos tipos, α y β . Se unen para dar un heterodímero. Cuando el nivel de Ca^{2+} baja, se unen los heterodímeros formando un tubo hueco. Es polarizado. Cuando el Ca^{2+} aumenta se separan los heterodímeros.

– microfilamentos = dos filamentos de actina q se asocian de forma helicoidal. Estructuras polarizadas de vida corta.

– filamentos intermedios = láminas nucleares (péptidos en la parte interna de la membrana nuclear) y queratinas (función del Citoesqueleto). Estos polímeros son repeticiones de un monómero q puede unirse de forma paralela o antiparalela.

Organización del Citoesqueleto

5 tipos de organización.

– Organización cortical = en la superficie celular tendencia a depositar microtúbulos. Tuene q ver con la deposición de celulosa.

– Formación de la banda de la preprofase = antes de la profase se da **Pág. 7)** una deposición de microtúbulos q indica a la célula como ha de dividiese. También indica donde se tiene q depositar la pared para dar lugar a la zona de separación.

– Huso mitótico = los cromosomas se mueven por unos canales q son parte del Citoesqueleto.

– Formación del fragmoplasto = son vesículas q vierten material de la pared para formar una pared intermedia.

– Organización radial = permite la organización de la estructura interna de la célula.

Plastidios

Orgánulos de las célula, se dividen en:

– leucoplastos = plastidios sin color, amiloplastos, proteinoplastos.

– cromoplastos = plastidios q acumulan pigmentos q dan color a la planta.

– cloroplastos = doble membrana, tienen su propio DNA, plastidios verdes en donde se da la fotosíntesis.

Todos provienen de un protoplastidio inicial, y dependiendo de la luz, función, etc. se transforman en un tipo o en otro. Se pueden interconvertir unas en otros (leucoplastos de la patata cuando les da la luz pasan a cloroplastos). Etioplastos son cloroplastos inmaduros.

Pared celular

Necesita mantener intercambio y ser citoesqueleto.

– Celulosa = compuesto mas abundante, glucosas unidas por enlace (1-4) insoluble en agua, hidrofílico, resistente al ataque de enzimas a pH fisiológico. Son enlaces débiles pero muy abundantes lo q da gran estabilidad y rigidez. Las cadenas de glucosa se van depositando en forma de entramado.

- Hemicelulosa = 2º más abundante. Cadenas de glucosa con algunas

ramificaciones de otros azúcares (xilulosa, galactosa, fucosa).

Estas cadenas no se empaquetan.

- Calosa = hemicelulosa especial q se forma dentro de la planta.
- Pectina = propio de dicotiledóneas. Cadenas de Ac . galacturónico q en un punto tienen otro azúcar actuando como discontinuidad (ramnosa). Están estabilizadas por iones Ca^{2+} . la parte externa de las células esta cimentada de pectinas.
- Proteínas = Extensina = 10%, se suponía q era responsable de la elongación celular. Es especial pues no cumple las propiedades de la proteína. No se digiere bien por proteasa. Pobre en diversidad de aa. (prolina (45% hidroxiprolina)).

Las proteínas pueden ser estructurales o enzimáticas de dos tipos: **Glucosidasas** = para romper la pared. Función de defensa. **Oxidoreductasas** = una la peroxidasa. Función defensiva y formación de ciertos compuestos como la lignina.

- Lignina = formado por fenoles sencillos procedentes de la ruta del Ac. Shikimico (anillos bencénicos). Precursores de la ruta son eritrosa 4P y PEP q dan DHAP q dará Trp, Tyr y Phe, a partir de los cuales salen el resto de aa. La enzima es la PAL (fenilalanina amonioliasa). Del Phe se saca el Ac. Cumárico, ferúlico y sinápico y de aquí se dan los alcoholes cumarílico, coniferílico y sinapílico q por deshidrogenaciones y condensaciones dará la lignina. La lignina solo aparece en la pared secundaria y se da en células q no son metabólicamente activas. Función defensiva contra patógenos (sus monómeros son tóxicos).
- Suberina = ácidos grasos y fenoles.
- Cutina = capa de protección de cera formada por ácidos grasos.
- Metabolitos 2º = fenoles alcaloides y terpenoides.

Localización de los componentes de la pared celular

En los polisacáridos q :no son celulosa los monómeros se dan en el citoplasma (Ap. De Golgi) y se vierten al exterior.

La deposición de las fibras de celulosa la da el complejo celulosa sintasa (roseta de 6 unidades con un hueco en medio).

Las rosetas avanzan dejando una serie de glucosas q se ensamblan entre si tras su síntesis. Según se da la pared se van formando microfibrillas de celulosa q al unirse a la hemicelulosa y demás componentes se va estabilizando. También se unen material péctico y proteínas.

En medio de la célula para la división se va a dar el fragmoplasto q hace q vesículas del Aparato de Golgi segreguen material de la pared para dar la placa ecuatorial o placa celular. Los microtúbulos (MT) cambian de orientación dirigiéndose a los laterales para llevar vesículas a las células hijas.

Hay dos capas en la pared. Todos tienen pared 1ª pero la 2ª solo algunas. Pared 1ª = compuesta por la pectina de la lamina media, proteínas, celulosa no muy ordenada, hemicelulosa. La tienen células metabólicamente activas. Pared 2ª = compuesta por celulosa muy engrosada y ordenada, deposiciones de lignina. Se sintetiza después de la 1ª y tiene función de sostén. En células inactivas.

La Banda de Caspary esta en la endodermis y obliga al flujo de agua a ir en una dirección establecida.

Funciones y procesos relacionados con la pared celular

- **Regula el intercambio celular** (iones, gases, minerales y sustancias orgánicas). No puede estar lignificada pues no pasaría el agua.
- **Soporte esquelético** q contrarreste la fuerza del agua.

El primer problema a soportar por las células hijas es la rigidez de la estructura q impide aumentar su tamaño.

Hay 5 tipos de enzimas = **auxinas (AIA), citoquininas, giberelinas, ácido abscísico, etileno (gas), otros**.

Auxinas (AIA, IAA) = estimulan la elongación, disminuye el nivel de hemicelulosa. Las Glucosidasas tienen un pH optimo ácido. Las AIA tienen dos efectos:

- Rápido = activa la ATPasa q bombea H⁺ al medio externo lo q baja el pH lo q activa las Glucosidasas q atacan los polisacáridos no celulósicos. La pared se hace menos rígida y para contrarrestar los protones entran cationes y por osmosis agua lo q hincha la célula.
- Lento = activa enzimas q activan genes q codifican proteínas para la síntesis de polisacáridos de la pared. También se da la síntesis

Las auxinas son fenoles del ciclo del Ac. Shikimico a partir del triptófano. Implicadas en la extensibilidad de la pared celular. Papel en el fototropismo.

Las plantas son mas verdes con baja iluminación, crecen más del lado no iluminado (para doblarse) las células son mas grandes.

Papel en el gravitropismo para la posición de las raíces.

Abscisión foliar y desarrollo del fruto. La abscisión se produce por una situación de estrés q produce la rotura de la pared celular en determinadas células. La célula produce continuamente enzimas de degradación. Si la relación AIA/etileno es alta la hoja no se cae. Estas enzimas también tienen q ver con la maduración de frutos (una fruta madura cuando las paredes celulares se van degradando), una hormona inductora es el etileno.

Sustancia de reserva. La pared puede servir como almacén en ciertas condiciones. Conversión de polímeros estructurales en polímeros de reserva (galactomananos q con agua forman un gel q evita la desecación, xiloglucanos, galactanos).

Defensa ante estrés abióticos

El estrés lo producen: desecación, salinidad, metales pesados, temperatura, luz (alta iluminación, UV)

La celulosa aparece en mayor cantidad, hojas coriáceas con cutícula engrosada. Se incrementan los niveles de extensina y de calosa q se acumula en los vasos impidiendo q circulen los fluidos. Según aumenta el estrés : aumentan los depósitos de lignina y suberina en hojas, cutina en hojas para impermeabilizar y producción de fenoles sencillos.

Interacción con microorganismos (Rhizobium)

La pared es una barrera física. Por lo q hay diferencias con microorganismos (MO) simbióticos o patógenos.

- Simbiosis = el 90% de las plantas están micorrizadas (planta -hongo). Prácticamente ninguna planta vive aislada (Rhizobacterias). La planta obtiene como beneficio el movimiento de los nutrientes provocado por la bacteria. La bacteria los compuestos q excreta la planta.

Proceso de simbiosis: *Preinfección*: proceso químico, las uniones se dan en condiciones limitantes por lo q la planta ha de estar preparada. *Reconocimiento*: proceso químico. *Colonización*: la endodermis no la pueden atravesar los MO. La bacteria genera enzimas q degradan la pared, la célula se invagina y penetran los MO pero no al citoplasma. Para q se de la infección la planta emite flavonoides q activan los mecanismos de Rhizobium (activa genes) q dan una molécula q da la formación de nódulos es la planta donde se forman los nuevos Rhizobium. No se rompe la membrana para q el MO entra, sino q se da una invaginación hasta q queda rodeado. La bacteria tiene capacidad de tomar N y transformarlo en amonio.

Las micorrizas son unas estructuras en forma de Y con pelillos gracias al hongo, lo q le permite explorar cada partícula del suelo. Esta asociación solo se da cuando los dos tienen algún déficit.

- Patógenos = provocan en la planta un estrés biótico. Hay dos barreras. *Mecánica* : una pared muy entramada da problemas para la entrada del MO. *Fisiológica* : la respuesta a la infección puede ser localizada o sistemática. Localizada si se da justo donde se da la infección. Sistemática si la planta al ser infectada adquiere una información **SAR** (resistencia sistemática adquirida), el Ac. Salicílico es el responsable ya q su elevado nivel indica a los tejidos q hay infección además se puede volatilizar indicando a otras plantas peligro (se metila para hacerse volátil).

Como se entera la planta de la infección : los genes R codifican los receptores de membrana a donde se unen los inductores (oligosacarinas = prot. lip.) y ponen en funcionamiento el mecanismo de defensa cuando el patógeno se acerca hay enzimas hidrolíticas q degradan pared y son estos restos de pared los q informan de un proceso de infección. Las oligosacarinas provienen de la pared del MO y de la propia célula. El mecanismo de defensa son una serie de respuestas:

- *Hipersensitivas* = la planta responde exageradamente a la presión. Las células donde se ha dado la infección se mueren formando una costra q protege al resto de los tejidos.

– *Respuestas fisiológicas* = Fitoalexinas: actividad antimicrobiana, son fenoles sencillos y algún terpenoide. Medicarpina, gliceolina, capsidiol.

Explosión oxidativa: se acumulan intermediarios tóxicos como H₂O₂ radicales O⁻² y OH para destruir al patógeno.

Incremento de la barrera física: reforzamiento mecánico de la pared.

Aumento de enzimas hidrolíticas: gluconasas y quitinasas.

Aumento de proteasas:

Aumento de la acción de auxinas: incremento del metabolismo fenólico q aumenta el AIA q produce nuevos tejidos.

Proteínas RIP: inhibidores de ribosomas . glucosilan el RNAr de los ribosomas eucariotas de algunos hongos lo q les imposibilita para producir proteínas y acaban muriendo.

TEMA 3 El agua como contribuyente de las plantas

El O₂ es electronegativo y el H₂O forma un dipolo pues el O₂ tira de los e⁻ del H. Debido a la distribución de cargas el O₂ interacciona con otras moléculas (con otros H por enlace débil).

Propiedades fisiológicas de la molécula de H₂O

Absorbe poca radiación visible (más infrarroja). Transparente (si no habría problemas con los pigmentos). Aumenta de volumen al congelarse, debido a las interacciones q se dan dejando muchos huecos. Alto calor de evaporación. Alto calor específico (para subir 1 °C la T^a de 1 gr. de H₂O se necesita mucha energía). Cohesión – adhesión: cohesión es la unión entre las moléculas de H₂O, adhesión es la interacción con otras sustancias. Capilaridad es la interacción entre las dos anteriores. Buen disolvente.

Funciones del H₂O en la planta

- Estructural = da la turgencia a la planta. Semilla 5% en la planta adulta hasta el 95% es H₂O.
- Metabólica = es indicador de la actividad metabólica ya q es disolvente, fuente de iones, gases y e⁻, además de reactivo.
- En procesos fisiológicos = transporte xilemático y floemático. Regulación de la T^a.

Factores q condicionan la disponibilidad de H₂O por la planta

Importa la disponibilidad del H₂O, no la cantidad. Parte depende de la planta y parte del suelo.

- Potencialidades hereditarias = influye como es la raíz, tallo, hojas, dimensión de las hojas, relación entre superficie externa e interna (raíz y parte aérea), estomas y comportamiento.
- Factores externos = el medio hace q el H₂O este disponible o no. Dos niveles : a nivel de suelo: textura, estructura, profundidad, composición química, pH, aireación, conductividad y capacidad de almacenamiento de H₂O. A nivel de atmosfera : distribución y cuantía de la vegetación, precipitación / evaporación, energía radiante, viento, etc.

Factores afectados por el déficit de H₂O

Descenso en la absorción de H₂O, pérdida de transpiración, cierre de estomas, no se da expansión celular, disminuye la fotosíntesis y la reducción biológica de N₂ y NO₃ , menor transporte xilemático.

Todo esto incide en el crecimiento, de manera q el crecimiento es menor, abundancia cualitativa y cuantitativa de ciertos compuestos. Relación raíz / parte aérea (la planta invierte más en la raíz para poder obtener más agua y minimizar la pérdida), menor grado de succulencia. Xilema transporta H₂O, floema transporta sabia.

Tema 4 Potencial hídrico (es negativo)

Magnitud para expresar el estado del agua permitiendo comparar sistemas diferentes (aire, suelo). Nos da una idea acerca de la disponibilidad del H₂O. El contenido hídrico y el potencial hídrico no es lo mismo. Viene expresado en bares de presión. 1 bar = 0.987 atm.

El potencial hídrico tiene q ver con el contenido hídrico. De -2 a -8 en mesófilas o hidrófilas. De -8 a -15 bares en mesófilas en sequía. De -15 a -30 bares en adaptadas a sequía. A -15 bares se da el punto de marchitez permanente q es el punto a partir del cual la planta no se recupera. Agua de mar -25 bares. Hay potenciales de hasta -200 bares en las semillas. El potencial hídrico de cada parte de la planta es diferente, el global se mide en el xilema. En la raíz es de -2.5 y en las hojas de -2.7 por lo q sube el H₂O y en la atmósfera de -30 bar.

Componentes del potencial hídrico = solutos + matricial + pared

La mayoría del H₂O celular en la vacuola con solutos s . En citoplasma y membrana hay H₂O y solutos pero no tanta H₂O (ambos son de signo negativo). Por último la pared ejerce fuerza contraria al H₂O, p y es de signo + pues no restringe la disponibilidad de s . m se desprecia por ser muy pequeño. En los árboles se añade el potencial gravitacional g .

Las plantas se recuperan hídricamente durante la noche con un potencial hídrico mayor (menos negativo).

Potencial de solutos s

En células mesófilas tiene un valor de entre -10 a -20 bar en células xerófitas puede llegar hasta -100 bar.
Para determinar el s :

- Congelar y descongelar para q se rompa la célula. Luego se mide la concentración de solutos con un psicrómetro.
- Descenso del punto crioscópico. Sabiendo su valor sabremos su concentración y por tanto su s .
- Otro método es coger una capa de células de cebolla y meterla en agua destilada (la célula se hincha por entrada de H₂O), luego se añade ClNa al H₂O lo q limita su disponibilidad y el H₂O sale, lo q relaja las paredes, se despegan el plasmolema de la pared por lo q $p = 0$ y como m es despreciable tenemos $q = s$ (punto de plasmolisis incipiente)

Potencial de pared o de presión o de turgencia p

En mesófilas valores positivos entre 3 (de noche) y 15 (por el día). Permite a la célula mantener la estructura interna y externa, relación con las nastias (movimiento de plantas) y fototropismos y gravitropismos).

El tropismo implica crecimiento, la nastia no. La nastia además es muy rápida. Para determinar la p :

- En células grandes se inserta un capilar calibrado en la vacuola, de forma q la presión de la pared introduce parte del contenido vacuolar en el capilar cerrado.
- En células pequeñas se usa un sensor de presión con un capilar sensor lleno de aceite.

Potencial matricial m

Representa la adsorción de H₂O a los coloides celulares (pared, almidón, polisacáridos, proteínas). Para determinar el m :

- Se congela y descongela, de manera q nos quedan los tejidos sin el jugo vacuolar. Introducimos los tejidos en una prensa y la fuerza q se hace para sacar el H₂O es la m .

Se suele despreciar, pero en plantas desérticas, células q están por debajo del punto de marchitez incipiente (deshidratadas), o semillas, no se puede despreciar.

El s en el xilema contribuye muy poco ya q el gradiente de la transpiración es mucho mayor.

Que le pasa a la planta en situación de sequía

Mesófilas = Evitan la pérdida de H₂O cerrando estomas, fotosintetizando a tasas mas bajas, baja su p para poder captar H₂O del suelo. Luego cambia su metabolismo cuantitativamente. Restringe la disponibilidad de H₂O acumulando solutos en la vacuola (prolina, azúcares...).

Xerófitas (adaptadas a la sequía)= Distintas estrategias:

- Evadir el problema = son las plantas anuales (con la sequía mueren). Son plantas de ciclo muy corto con poca biomasa.
- Derrochadoras de agua = plantas de climas muy áridos con raíces muy profundas para llegar la zona freática (alfalfa).
- Hacer frente a la sequía = plantas suculentas colectoras de H₂O, sistema radical somero, absorben agua del rocío, secretan sal, metabolismo CAM (cactus), hojas espinosas, reflejan la luz, disminuyen la relación superficie volumen. Acumulan CO₂ a la noche en la vacuola y por el día lo transforman en azúcares. Cutícula engrosada y muy baja.
- Ahorradoras de H₂O = estomas hundidos, hojas pequeñas y deciduas, pelillos, aumento de solutos, osmorregulación, células muy compactadas para evitar la evaporación entre ellas. Muchas xerófitas se incluyen en este grupo y en otros.
- Soportan la sequía = las xerófitas verdaderas cuando hay sequía se mueren y renacen cuando las condiciones se vuelven optimas. Tolerancia a la deshidratación, soportan gran pérdida de H₂O.

Procesos afectados por la sequía

En mesófilas el ψ comienza a bajar. Cuando una planta esta bien hidratada la acumulación de Ac. abscísico (ABA) y de solutos es baja. A -5 bar empiezan a verse afectados ciertos procesos muy sensibles y se acumula ABA y solutos. Procesos de gran actividad en hidratadas disminuyen su actividad: síntesis de proteínas, de pares, expansión celular. A -10 bar se ve afectada la fotosíntesis y la apertura estomática.

Tema 5 Determinación del estado hídrico de la planta

Para medir el estado hídrico de la planta se mide el contenido hídrico (P_s es el peso seco, mientras q P_f es el peso fresco).

Otra forma es medir el contenido hídrico relativo CHR (P_t es el peso turgente. Se toma el tejido y se introduce en agua para q se hinche en una atmósfera saturada. Una forma rápida de ver el valor del estado hídrico es medir la relación

Métodos de medida del potencial hídrico

Son métodos gravimétricos, se necesita una balanza o una regla para determinar el ψ . Se usa en la patata pues es cómodo un corer o despepitador y se sacan cilindros cortándolos a una longitud determinada. Calculamos los ψ se diferentes soluciones de manitol y sumergimos cada cilindro en una solución diferente, pudiéndose dar 3 casos:

- Si la solución es mas diluida q el tejido por lo q el tejido absorbe H₂O.
- Si la solución tiene un ψ igual al del tejido no se da intercambio de H₂O.
- Si la solución esta mas concentrada q el tejido saldrá H₂O del tejido.

Método de Chardakov

Se hacen dos baterías de tubos gemelos (mismo ψ). A cada tubo de una batería se tiñe con azul de metileno. En los no teñidos introducimos una hoja y dejamos equilibrar pudiéndose dar 3 casos.

- Q el agua no se mueva,
- Q entre H₂O en la hoja.
- Q salga H₂O de la hoja.

Luego sacamos las hojas q habrán variado la disolución (o no), tomando una gota del tubo gemelo teñido y añadiéndola al de la hoja:

- Si la gota se dispersa tendremos la .
- Si sube la gota es porque es menos densa ósea q la dilución esta más concentrada porque la hoja ha tomado H₂O.
- Si baja es el caso contrario.

Método de la cámara de presión

En una cámara de la q sobresale el tallo seccionado. Se da presión para llevar la sabia del xilema al punto de corte. Si se necesita mucha presión, es muy negativo (seco). Es un método muy impreciso q solo vale para la planta.

Métodos de equilibrio de vapor

Se usa el psicrómetro de vapor o psicrómetro isopiéstico. En una cámara dentro de otra termo estabilizada, con dos cables de distinto metal, soldados a un termopar. Con la diferencia de T^a se da diferencia de (energía) en el cable, midiéndose si el termopar se calienta o enfría. Con el P. De Boyer, el termopar esta en la cámara, si añadimos una gota de conocida al termopar, se pueden dar tres casos:

- El de la gota es el del tejido: el voltímetro marcara 0.
- El del tejido es menor el de la gota por lo q el H₂O va de la gota al tejido lo q la enfría y da lectura en el voltímetro.
- El del tejido es mayor por lo q el agua va a la gota lo q la calienta y da lectura en el voltímetro.

Los problemas del método son los cambios ambientales, la lentitud (horas), aunque es muy exacto.

Tema 6 El agua en el suelo

Medio complejo (fase sólida, líquida y gaseosa). El estado hídrico del suelo es la suma algebraica de:

suelo = sales + gravedad + matricial

sales = La restricción de los iones gases, es muy baja.

matricial = Debido a sustancias q no se disuelven pero retienen H₂O (restos vegetales, arcillas, etc. Esta es el componente principal.

gravedad = Cuando regamos el H₂O se pierde por la gravedad. Este es el H₂O gravitacional. La máxima cantidad de H₂O q puede retener un suelo es la capacidad de campo. El H₂O se va evaporando hasta el punto q el suelo ya no puede ceder H₂O a la planta, esto es el punto de marchitez permanente. Por encima de la capacidad de campo la planta no puede crecer pues nos cargamos la fase gaseosa y la raíz no puede respirar. El H₂O entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente es el agua capilar.

Factores q afectan a la disponibilidad de H₂O

–Tamaño de las partículas: se clasifican en: Arena gruesa 200 μ m – 2mm, Arena fina 20 μ m – 200 μ m, Limoso 2 μ m – 20 μ m, Arcilloso menos de 2 μ m. Las partículas tienen espacios gaseosos grandes y el H₂O se pierde. En las partículas finas la fase gaseosa es casi nula.

En un suelo arcilloso la capacidad de campo es de 50% de H₂O, en uno arenoso solo del 15%, (**Hoja 38 Fig.**

3.23)y los puntos de marchitez son 20% y 5% respectivamente lo que muestra que el arcilloso puede perder un 30% de H₂O mientras que el arenoso solo un 10% (hay que regar continuamente). La cantidad de H₂O no es importante (para uno encharcamiento y para el otro sequía). El contenido en sales disminuye la disponibilidad de H₂O.

Conductividad del agua en el suelo

Nos indica el grado de compactación de las partículas del suelo. Cuanto menos compactado más se mueven el H₂O y los nutrientes.

Rizosfera: es el área del suelo controlada por la raíz.

Suelos artificiales o suelos inertes

Recambiar el suelo es costoso, los monocultivos son antinaturales. El monocultivo en invernadero lo separamos de sus invasores. Se le pone un suelo inerte porque los nutrientes se los damos en el H₂O. Se le dan unas condiciones de luz, nutrientes, etc. constantes menos una que se va variando. (la luz es en cámaras de crecimiento, no se trata de luz solar).

Tipos de suelos

Les sirven de sostén y para mantener las características hídricas.

- Vermiculita = es una mica calentada a 3.000°C lo que separa las capas. Tiene gran intercambio catiónico y puede actuar como reservorio de nutrientes. Simula suelo arcilloso.
- Turba = restos vegetales tan lixiviados que casi no tienen nutrientes. Gran capacidad de retención de H₂O, simulan suelo poco aireado y encharcado.
- Perlita = silicato calentado para que se expanda. Cada bola puede retener 3 o 4 veces su peso en H₂O. Bien aireado.

Estos sustratos se combinan entre ellos para dar el tipo de suelo deseado.

Medición del potencial hídrico del suelo (hoja 39)

- Tensiómetro = columna terminada en una porcelana porosa con H₂O. Al introducirla en la tierra, esta chupará del H₂O de la porcelana si necesita H₂O, creando una tensión negativa. Si el suelo está bien hidratado marcará 0 o casi nulo.
- Bloque de resistencia eléctrica = dos cables dentro de un bloque de escayola. Cuanto más H₂O haya en el suelo mayor conductividad y por tanto menor resistencia.
- Sonda de neutrones = un emisor de neutrones rápidos que los lanza en todas direcciones, y un contador de neutrones lentos. Como los neutrones son frenados por los protones cuanto más H₂O más se verán frenados los protones. Sólo vale para zonas con poca MO porque esta también frena los neutrones.

Tema 7 Absorción y transporte de agua

La absorción y transporte se deben al xilema y floema. El xilema es de la parte basal a la apical, el floema es de redistribución. El xilema es tejido muerto y el floema vivo. Todo el tejido muerto en el interior (xilema) y el vivo en el exterior (floema).

El H₂O sube por diferencia de potencial entre la atmósfera y la planta (**hoja 40 Fig. 4.5**).

Las paredes están lignificadas y engrosadas.

- **Elementos del Xilema** = son dos con anatomía y distribución diferente.

Traqueidas : alargadas y estrechas, presentes en plantas menos evolucionadas, presentes en gimnospermas. Tienen gran cantidad de punteaduras.

Vasos : más cortos y bastante más anchos. Se comunican por las placas de perforación, llamadas así porque los Plasmodesmos se han abierto dejando fluir el H₂O. Son más evolucionadas y están presentes en angiospermas (también tienen traqueidas).

Las células parenquimáticas tienen función de reforzar el sistema junto a las fibras.

La mayor parte de la madera se debe a restos del xilema. El cambium es un tejido que diferencia al xilema en el interior, y al floema en el exterior.

Acompañando al floema siempre habrá células acompañantes con núcleo (**hoja 40**).

Las punteaduras surgen de lo que eran los Plasmodesmos. Una punteadura se separa por la pared celular 1ª que es difusa y porosa (**hoja 41**) la pared 2ª por su parte, no deja el paso de H₂O, ya que se encuentra engrosada y lignificada.

Mecanismos del xilema

Básicamente vamos a hablar de dos:

- **Presión de raíz** : es bombear desde abajo. Indica que hay una fuerza que tira del agua desde abajo. *Gutación* = la raíz bombea H₂O y hace que el H₂O líquida salga al exterior de las hojas. Se hace a través de los *hidátodos*. Se define como liberación de H₂O por las hojas debido a la presión de raíz.

La presión de raíz se da en plantas de pequeño porte, muy bien hidratadas y que no existe transpiración o que esta sea muy pequeña. Se da en gramíneas en las primeras horas de la mañana. El H₂O tiene que hacer dos movimientos, uno transversal hacia el xilema y otro a lo largo del xilema.

Hay células que bombean iones en el xilema por lo que baja el ψ y entra H₂O lo hace que se bombee por el xilema.

- **Teoría de la tensión-cohesión o teoría de Dixon** : (**Hoja 42 Fig. 4.13**) se basa en la diferencia de entre la atmósfera y la planta por tanto el H₂O pasa de la planta a la atmósfera ya que siempre se evapora agua.

Esto genera una tensión en el tubo. La cohesión hace referencia a la capacidad de estar unidas las moléculas de agua por puentes de hidrógeno.

Al tirar de las moléculas de arriba se tira de las de abajo lo que provoca la entrada de nuevas moléculas de agua. El H₂O puede viajar por el mismo tubo o por elementos contiguos siendo un movimiento lateral. Esto crea una gran presión de vacío que puede llegar a colapsar en época de sequía.

Los tubos tienen paredes semirrígidas de tal modo que no se colapsen. Antes de que se colapsen, hay un proceso de cavitación o embolismo, situación donde la fase gaseosa del H₂O disuelta en el líquido de la disolución debido a la presión, pasa a un estado gaseoso formando burbujas.

Cuando se da una cavitación (**hoja 41 fig 4.6**) la ventaja de tener placas de perforación es que la burbuja no puede traspasar la placa de perforación ya que se queda adherida y es tanta la presión superficial que no puede pasar.

La planta reconoce el problema en el elemento criboso y luego trata de solucionarlo.

El H₂O pasa al elemento criboso contiguo y se evapora.

Por la noche la planta se recupera hídricamente ya q la fuerza de la transpiración disminuye. El H₂O sube y se permite reconstruir las columnas de H₂O. Cuando una planta cavita se puede oír un pequeño clic lo q nos da idea del numero de cavitaciones de la planta.

Hay procesos q producen cavitación como la congelación y la acción de algunos patógenos. Los olmos sufren la grafiosis, causada por el hongo *Cerabocisbys olmi*. **(hoja 43)** Este hongo invade los tejidos del xilema y al crecer provoca q la tensión no sea tan alta y la burbuja pueda avanzar cavitando todos los elementos criboso. El organismo q transporta el hongo es el *Scolytus multistriatus*, cuando este insecto sale del árbol enfermo lleva esporas y llega a un olmo sano. La hembra cava un túnel debajo de la corteza y va dejando huevos, las crías cavarán nuevos túneles alimentándose de la madera, y cuando se desarrollen extenderán la infección.

La cavitación se extiende por el xilema y el agua se evapora, las hojas se secan debido a la poca presión de raíz solo creciendo las cercanas al tallo.

En un árbol, hay diferente según midamos a una altura u otra. Cuanto mas cerca de la base mayor y cuanto mas lejos menor (mas negativo) . A mediodía la T^a es máxima y el de la atmósfera es mas negativo y tira del agua de la planta, el de la planta también disminuye porque la evaporación es mayor. A mediodía la planta cierra los estomas.

Tema 8 Transpiración y fisiología estomática

Transpiración

Es la perdida del H₂O absorbida q tiene la planta en forma de vapor.

El 99% del H₂O q absorbe la planta vuelve a perderla. **(hoja 44 Fig. 4.9)** si miramos un trozo de hoja del exterior al interior tiene cutícula, por debajo el parénquima en empalizada y a continuación están las células del mesófilo. En alguna cara de la epidermis hay discontinuidades q son los estomas q son poros controlados por la acción de un grupo de células. Se puede evaporar por los estomas o salir por la cutícula (10% del agua perdida), cuanto mas cerrados estén los estomas mayor proporción de H₂O se pierde por la cutícula.

La capa limite es una especie de aislante q impide la perdida de agua. Esta capa de aire limite tiene diferencias con el aire externo. La planta puede desarrollar pelos q aumentan la capacidad de impedir la perdida de agua.

Según disminuye la humedad relativa el disminuye. Las plantas xerófitas tienen modificaciones:

- Desarrollo de cutículas grandes, engrosadas así aumenta la capa limite.
- Hundir los estomas.
- Desarrollo de pelos para q la capa limite sea mayor.
- Obligar a los estomas q se cierran por el día y se abran por la noche para evitar el gradiente.
- Células totalmente compactadas sin espacios aéreos, de modo q si el agua tiene q pasar le cueste mas.
- Disminuir el numero de estomas y el tamaño del poro.

Todas estas estrategias van encaminadas para disminuir el gradiente. Al aumentar la T^a el disminuye. El aire frío se satura con poco H₂O. El caliente necesita grandes cantidades de agua para saturarse.

Estomas

Están en todas las partes de la planta excepto en la raíz. La mayor parte de los frutos son verdes porque fotosintetizan para obtener carbohidratos, por ello necesitan los estomas para intercambiar gases. El n° varia de unos 15 – 500/mm² aunque la mayor parte tienen entre 100 y 300.

Cada especie ha evolucionado de una forma diferente:

- Plantas anfiestomáticas: estomas en las dos caras de la hoja.
- Plantas hipoestomáticas: con estomas en una cara, normalmente en la parte inferior, excepto las acuáticas q los tienen en la parte superior.

Estructura de los estomas

Dos formas típicas de estomas (**hoja 46 Fig. 4.12**). siempre van a estar rodeadas de células epidérmicas básicamente vacías.

– Estructura de plantas mas evolucionadas propio de gramíneas, con forma de hueco.



Estructura de plantas menos evolucionadas con forma arriñonada.

Un estoma consta de dos células q al cambiar de volumen dejan un poro. Son las células guarda o células oclusivas. En las mas evolucionadas acompañando a estas células están las células subsidiarias acompañantes adjuntas o accesorias, q también forman parte del estoma ayudándole a funcionar mejor.

La mayor parte del intercambio y la evaporación se da por los poros.

El poro se denomina ostiolo y cuando las células están unidas se encuentra cerrado. Las células oclusivas tienen las paredes engrosadas en zona concretas. La abertura o cierre del poro se basa en unos principios q son cuando la célula se hincha se abre el estoma, la célula se hincha debido a una entrada de agua , el cierre por tanto es debido a perdida de agua. El citosol esta situado en el extremo de la célula oclusiva y el medio es pares de manera q cuando se hincha, debido a la disposición de las fibras deja un hueco.

Las células oclusivas también tienen cloroplastos, mitocondrias, gránulos de almidón, etc, aunque no tienen plasmodesmos para comunicarse con las células epidérmicas.

En sus vacuola acumulan grandes cantidades de solutos, sufren cambios bruscos de volumen debido a la entrada de agua.

Funciones de la transpiración

- Intercambio gaseoso: es un intercambio neto de O₂ hacia el exterior, vapor de agua al exterior y CO₂ hacia el interior. Sirve para regular el intercambio gaseoso con la mínima perdida de agua.
- Regulación de la T^a: pierden gran cantidad de calor con la perdida de agua, evitan el sobrecalentamiento.
- Concentración iónica: si el agua no se evapora no hay transporte xilemático y no se puede tirar de los iones.

Mecanismo de funcionamiento (hoja 44 Fig. 3.16)

Se da una acumulación de solutos y esto disminuye el ψ provocando la entrada de agua e incrementando el volumen celular, lo q abre el estoma.

Diferencias entre la célula abierta y cerrada

- Cuando un estoma se abre su ψ es muy bajo.
- Aumento de la $[K^+]$ en la vacuola de las células hasta 8 veces.
- Aumento de malato y sacarosa.
- Gran concentración de Cl^- .
- Gran actividad ATPasa y gran salida de protones al medio externo. Cuando el nivel de CO_2 es bajo el estoma se abre.
- Cuando el estoma esta iluminado esta abierto. Se abren al amanecer. Las plantas crasuláceas hacen lo contrario. Tienen muy difícil la abertura de los estomas durante el día y los abren al anochecer.
- Cuando se abre el estoma se da un descenso de almidón.
- Si no hay nada de CO_2 en el estoma no se puede abrir y si la concentración es muy alta también se cierran.

Mecanismos de funcionamiento (hoja 47 Fig. 3.6)

El pH varia . cuando se esta abriendo se activa una ATPasa q bombea H^+ al exterior. Esta basificando el medio, baja el pH en el exterior. Esto provoca q el almidón se transforme en glucosa q por la glucólisis da PEP, esto se carboxila a OA y luego se desnitrógena a malato.

El malato es una fuente de H^+ para q la ATPasa siga funcionando.

Al bombear H^+ al exterior estamos favoreciendo la entrada de Cl^- . Los H^+ tienden a volver a entrar y arrastran el Cl^- al interior q se estabiliza con el K^+ q ha entrado.

El ABA proveniente de las puntas de las raíces o de las hojas, hace q los estomas se cierren por inhibición de una bomba de protones dependiente de ATP en la membrana plasmática de las células oclusivas. Esta bomba normalmente transfiere protones hacia fuera de las células oclusivas causando un flujo de entrada rápido y acumulación de iones K^+ , y luego absorción osmótica de agua y apertura estomática. Sin embargo, al actuar en el espacio libre de la superficie exterior de las membranas plasmáticas de las células oclusivas, el ABA cierra la entrada de K^+ , por lo q se filtran los K^+ y el agua hacia fuera, se reduce la turgencia y por tanto se cierran los estomas.

A partir de glucosa se sintetiza PEP y rubisco, formando CO_2 q vuelve a malato.

Papel de la sacarosa

Se pensaba q el nivel de K^+ subía rápidamente cuando se abría el estoma, pero no se había planteado si este nivel se mantenía.

Se vio q aunque el estoma seguía abierto la $[K^+]$ no se mantenía. A las 11 de la mañana la $[K^+]$ desciende y no coincide con el máximo de apertura estomática.

Al hacerlo con sacarosa al principio no se ve muy estimulada. Según se va dando la fotosíntesis la concentración de sacarosa aumenta siendo

máximo con el máximo de apertura estomática.

La alcalinización del medio es la q desencadena la degradación del almidón.

Cuando se cierra el estoma la ATPasa se detiene, entran H^+ deteniéndose la degradación del almidón y provocando la salida de K^+ y Cl^- , el estoma se deshinch, sale el agua, debido a la salida de los iones.

Factores q inciden en la abertura o cierre de los estomas

- **CO₂** $\equiv$ la planta iba a perder O₂ y agua. La función es captar CO₂ q va al cloroplasto y mediante la fotosíntesis obtenemos carbohidratos.

Cuando el estoma esta abierto entra CO₂ creando un gradiente de concentración. Suponemos q la [CO₂] en la atmósfera es 300ppm y la cámara subestomática 250ppm. La [CO₂] en el interior va disminuyendo porque este CO₂ se transforma en carbohidratos. Si se para la fotosíntesis la concentración interna y externa se igualan y no entra CO₂.

Si el proceso fotosintético es muy rápido el estoma tiende a abrirse para mantener el nivel de la fotosíntesis. Si es muy lento el estoma ajusta su abertura para q no se acumule el CO₂. Es el propio CO₂ el q cierra el estoma si la fotosíntesis no funciona. Si la [CO₂] en el exterior es muy elevada el estoma se cierra para dejar pasar solo el q necesita.

¿por qué al aumentar la [CO₂] el estoma se cierra?

Si aumenta la [CO₂] se da un aumento en la aparición de malato, lo q se traduce en q aumenta rápidamente los protones, bajando el pH citosólico. Esto inhibe los enzimas de la degradación del almidón hasta q no se gasta todo el CO₂ y vuelve a funcionar todo el sistema.

- **Luz**: es menos importante q el factor CO₂. una planta iluminada, si la soplamos cierra los estomas. Se hizo un experimento para ver si el efecto fotosintético abría los estomas. (**hoja 49 Fig. 3.17**) Se ilumina una planta con luz azul, verde y roja. Con luz verde se muere pus no se absorbe la luz verde. En función de la luz varia la tasa de fotosíntesis. La luz roja es mas efectiva para realizar la fotosíntesis. La azul es mas efectiva en cuanto a la conductancia estomática. Al amanecer las plantas tienden a abrir los estomas sin fotosíntesis. Es un efecto directo de la luz azul.

La *zeaxantina* es un pigmento q tiene un papel importante en la fotoprotección y abertura estomática. Por la mañana hay poca zeaxantina, a mediodía es máxima y al atardecer disminuye. Midiendo el contenido de zeaxantina en un célula del mesófilo u en una célula guarda se ve q en la ultima la concentración de zeaxantina es 4 veces mayor q en las del mesófilo. Por ello se piensa q la zeaxantina es uno de los cromóforos responsables de la absorción azul.

Síntesis de la zeaxantina (hoja 50 Fig. 18.26) la zeaxantina se encuentra en los tilacoides. Para q se forme necesita luz. Se forma a partir de otra xantofila q es la violaxantina. Esta se acumula de noche y cuando hay luz se transforma. Cuando hay acumulación de zeaxantina y se ilumina con luz azul, se activa, se transforma en otro compuesto unido a otra proteína y provoca la respuesta de un 2º mensajero q tiene q ver con el secuestro de Ca²⁺ al cloroplasto. Esta bajada de Ca²⁺ en el citosol activa ala ATPasa. Esto se da en todas las plantas solo q en algunas esta amortiguado.

En las crasuláceas no se abren los estomas en todo el día. Por la noche se abren los estomas, entra CO₂ y se va fijando en PEP dando OA q pasa a malato. El malato entra en la vacuola y se acumula.

Durante el día el malato se descarboxila apareciendo CO₂ libre q se combina con la RUBISCO mediante el ciclo de Calvin, fijándolo.

Durante el día las plantas son menos ácidas y por la noche mas ácidas.

Las plantas C₃ a la vez q fijan el CO₂ lo tienen q gastar perdiendo agua, por ello son mas sensibles a la sequía.

- **Potencial hídrico :** un estrés hídrico implica el cierre de los estomas y es el más importante frente a los demás. Hay 4 sensores (**hoja 49 Fig. 3.29**).

Transpiración : sube de día y baja de noche en función del % del valor máximo. La transpiración y la absorción son diferentes. Durante el día la absorción es menor q la transpiración y durante la noche es al revés por ello se recupera la planta.

Hay varios mecanismos por los q el influye en los estomas:

Mecanismo hidropasivo : para q se abra el estoma la célula necesita agua.

Mecanismo hidroactivo : el ABA es el responsable del cierre estomático, es la hormona del estrés y la q sube mas de nivel en una planta estresada. No importa tanto su concentración como la distribución. El ABA provoca el cierre estomático evita la pérdida de agua, favorece da conductividad hidráulica del agua en la planta y capacita para desarrollar nuevas raíces.

El ABA es un terpenoide = isoprenoide, ruta de biosíntesis de terpenoides, todos son múltiplos de 5, a unidad repetitiva es el isopentenil pirofosfato (IPP) y la ruta la del acetato – mevalonato. El IPP proviene del acetyl CoA, 3 unidades de este producen un compuesto de 6C (Ac. Mevalónico) q por descarboxilación forma el IPP.

La síntesis se produce por dos vías, síntesis de novo, o a partir de un tetraterpeno.

– **Oxígeno O₂ :** muy poco importante ya q su concentración en la atmósfera es muy grande por lo q habría q variar mucho de concentración para q afecte. La planta produce O₂ pero es un mecanismo indirecto pues mucho oxígeno cierra el estoma. Si aumenta la concentración de oxígeno estamos estimulando el proceso fotorrespiratorio aumentando los niveles de CO₂ q provoca un cierre de los estomas. Las plantas C₄ no tienen Fotorrespiración.

– **Temperatura :** influye, aunque no es de los sustanciales. Al aumentar la T^a se consume CO₂ y tiende a abrir los estomas. Hasta 30°C la fotosíntesis va pareja con la respiración. A partir de 30°C la respiración es superior a la fotosíntesis. Al aumentar la T^a baja la humedad, evapora mas a la planta llegando a provocar la sequía.

– **Velocidad del viento :** influye en la transpiración. Cuanto mas viento reseca mas la planta con lo q al aumentar la velocidad aumenta la transpiración, obligando a la planta a cerrar los estomas. Influye indirectamente en la abertura estomática. (**hoja 52 Fig. 3.8**) Resumen de todos los factores.

El estrés hídrico domina sobre el resto de los factores. Con alta iluminación abre mas los estomas q si la iluminación es baja. Las plantas suculentas durante el día descarboxilan mas CO₂ cerrando los estomas. Una planta C₃ con la primera iluminación abre los estomas y al atardecer los va cerrando hasta q los cierra totalmente por la noche. Una planta normal a mediodía a veces cierra un poco los estomas para recuperarse de algún estrés.

Una planta seca intenta abrir sus estomas, pero a eso de las 10 de la mañana detecta el estrés hídrico. Se activa el mecanismo pasivo teniendo cerrados los estomas a mediodía cuando la conductancia estomática tendría q ser máxima.

Medición de la abertura estomática

Se pueden medir dos cosas:

- Si están abiertos o cerrados
- Transpiración

Para ver como están los estomas se visualizan. Para ello se pinta la superficie vegetal con laca de uñas, con lo q se crea un negativo. Lo separamos y se mide el poro.

También se pueden usar los porómetros q no indican como esta el poro. **(hoja 53 Fig. 5.9)**

- Porómetro de flujo: para plantas anfiestomáticas. Es una especie de pinza perforada en la q se mete la hoja. Lo q se hace es introducir aire ejerciendo una presión para ver como pasa el aire de la parte inferior a la superior.
- Porómetro de difusión: pinza q acaba haciendo una cámara con un sensor de infrarrojo. Lo q mira es si evapora agua. Cuanto mas abierto mas difusión de agua. Lo q mide es la humedad del flujo de agua.

Tiene varios problemas: El CO₂ absorbe por lo q influye. Para eliminar el CO₂, el aire se pasa por un filtro q fija el CO₂, de este modo el aire q pasa es aire limpio.

- Porómetro de inmersión: según la cantidad de transpiración hay una burbuja q se mueve. La mayor parte de cambios de peso de la planta se deben a la cantidad de agua. De este modo se puede medir la cantidad de agua q transpira al día. Esta cantidad de agua es la suma de la planta y el suelo. Esto es tasas de evapotranspiración. Si solo medimos la planta es evaporación.
- Lisimetro: permite medir las tasas de evapotranspiración de un suelo en condiciones medioambientales. Por presión de las bolsas en el suelo el liquido sube mas o menos según la transpiración. Cuanto mas transpira menos pesa el suelo

Tema 9 Absorción iónica celular

La absorción se realiza por todas las partes del vegetal. Aunque la estructura q permite q se de la absorción selectiva es la membrana.

Funciones de las membranas biológicas

- Aislar el medio externo del interno
- Compartimentación del metabolismo
- Regulación de la composición interna
- En la comunicación celular

(hoja 54 Fig. 1) En la membrana hay lípidos (muchos insaturados), glúcidos y proteínas inmersas en la membrana hay proteínas distribuidas asimétricamente.

(Fig. 2.4) Las membranas se forman continuamente a partir del RER. Estas membranas van al Ap. Golgi y de aquí salen vesículas hacia la vacuola donde se unen y pasan a formar la membrana de la vacuola.

- Gran impermeabilidad selectiva

Muchas moléculas q pasan la pared no pueden atravesar la membrana. Las acuaporinas son las q dejan pasar al agua.

Hay tres tipos de transporte:

- Pasivo o difusión simple: las moléculas se mueven a favor de gradiente, de mas concentrado a menos concentrado. Hay dos componentes q facilitan este movimiento, el potencial químico y el potencial

eléctrico. Si añadimos sacarosa en un vaso de agua, esta se va al fondo. Al cabo del tiempo la sacarosa se distribuye uniformemente rompiéndose es gradiente químico generado. Si añadimos ClNa hay q tener en cuenta el potencial químico y el eléctrico, por eso se habla de potencial electroquímico.

No utiliza transportadores.

- **Difusión facilitada** : requieren transportadores. Hay tres tipos de proteínas q se encargan de este transporte. Carriers, canales y bombas específicas para el transporte activo. Los tres han de estar en la membrana para q los iones puedan pasar. El canal es una proteína q tiene un poro por el q pueden pasar diferentes sustancias q difunden a favor de gradiente de concentración. Suelen ser exclusivas para un tipo de ion. Solo está abierto un periodo de tiempo determinado abriéndose y cerrando por niveles de Ca^{2+} hay casos de un canal de entrada y otro de salida. Los Carriers son un transporte constitutivo pero mas lento, no gasta ATP, a veces actúa a favor de gradiente y otras veces en contra. La bomba específica gasta ATP generando un gradiente de H^+ moviendo un carrier.

Características del transporte facilitado.

Siempre se da unido a un transportador de canal o un carrier. No se da gasto energético. A favor de gradiente. El flujo de transporte siempre es mayor q la difusión simple. Selectividad de iones. Se da un fenómeno de competencia de iones (si un canal se parece a otro se dará competencia entre iones diferentes). Se dan cinéticas de saturación (sobre todo en los carrier). En alguna ocasión puede darse una difusión simple en contra de gradiente, es el **Potencial de Donan, (hoja 55)** a pesar de ser difusión simple se da una absorción en contra de gradiente sin gasto de ATP. Para q se de el sistema se necesitan 2 compartimentos separados por una membrana q permita el paso de iones móviles e impermeable a moléculas cargadas.

- **Transporte activo** : absorción contra gradiente gastando ATP. Para ello están las ATPasas q bombean H^+ gastando ATP. Se pueden dar dos tipos de transporte activo:

Primario: se trata de bombear H^+ contra gradiente (**hoja 56**).

Secundario: se utiliza el gradiente de H^+ generado en el transporte primario para movilizar otras moléculas.

- **Simporte**: las moléculas viajan en el mismo sentido q los H^+ . son moléculas electroneutras.
- **Antiporte**: las moléculas viajan en sentido contrario. Lo q sale tiene la misma carga q los H^+ .
- **Uniporte**. Intercambio de iones por una despolarización de la membrana.

Transportadores ABC (ATP binding cassette). Recientemente descubiertas, estas bombas asociadas al glutatión se localizan en la vacuola. Precisan hidrólisis de ATP para funcionar. Bombean moléculas orgánicas. No tienen relación con un gradiente de H^+ , las moléculas se transportan unidas al glutatión. **Función**: desintoxicación de moléculas orgánicas tóxicas (herbicidas, metales pesados ...). acumulación de determinados pigmentos en la vacuola. Acumulación de compuestos antimicrobianos como las fitoalexinas. Evitación del estrés oxidativo.

Un ejemplo de estos transportadores son las *antocianinas* q son bombeadas por las bombas ABC dentro de la vacuola. Otro transportador son las *fitoquelatinas* q se unen a los metales pesados. Las fitoquelatinas son unas proteínas q se incluyen en el grupo genérico metalotioneinas. Se distinguen 3 grupos: – Polipéptidos relacionados con la metalotioneína renal equina. – Polipéptidos no relacionados con la metalotioneína renal equina. – Fitoquelatinas. Las dos primeras están codificadas genéticamente, la tercera no. Analizando la estructura química se ve q es la repetición de 3 aa básicos (Glu – Cys – Gly), al ver su biosíntesis tiene un precursor q es el glutatión, lo q la fitoquelatina toma del glutatión son las moléculas de Glu y Cys. Atrapa los metales porque la fitoquelatina tiene grupos sulfhidrilos con gran afinidad por los metales.

Análisis cinético de la absorción celular

(hoja 55 Fig. 3.5) Si representamos la velocidad de toma en función de la concentración iónica nos da una cinética muy semejante a la enzimática. (hoja 58 Fig. 6.21) Toma de sacarosa por hojas de soja. Puede ocurrir q en el punto donde la velocidad se hace constante, esa nos vuelva a aumentar. Esto es porque tenemos dos tipos de transporte, uno el propio transporte y otro la difusión, de este modo podemos diferenciar entre el transporte pasivo y el activo. (Fig. 6.22) también podemos encontrar graficas mas complicadas, en esta primera parte hay una cinética de saturación y luego se da otra fase. Esto nos dice q hay dos transportadores, uno de baja afinidad y otro de gran afinidad. El transportador mas efectivo dependerá de la concentración q haya, a veces el segundo transportador solo se sintetiza cuando la concentración iónica es muy alta.

Factores ambientales q afectan en la absorción.

- O₂: En presencia de O₂ es un metabolismo aerobio donde hay ATP y por tanto transporte y mayor absorción.
- CO₂: una planta en ausencia total de CO₂ no fotosintetiza, gasta todos los esqueletos carbonados, no se da la respiración no hay ATP y no hay transporte activo q es el q mueve la mayor parte de los iones.
- Temperatura: la absorción aumenta con la T^a, pero hay un limite. A partir de 40°C esto cambia pues están implicadas proteínas y al aumentar la T^a las membranas se hacen mas fluidas y los iones tienen mas problemas para pasar.
- Luz: cuanta mas fotosíntesis mas ATP y por tanto mayor transporte. Hay determinadas radiaciones PAR (radiación fotosintética activa) q están en la zona en q vemos. Se aumentamos el PAR la fotosíntesis aumenta, aumentando el ATP y el transporte aumentando la absorción. Si aplicamos UV todo se destruye y disminuye la absorción.
- Inhibidores metabólicos: la absorción necesita ATP mayoritariamente. El inhibidor afecta negativamente en la fotosíntesis y por ello disminuye la absorción.
- Relación superficie –volumen de una célula: absorben mas q células con menor relación. Una célula pequeña tiene mayor tasa de absorción.
- pH: altos pH impiden la absorción de aniones. Bajos pH impiden la absorción de cationes. Si un ion K⁺ tiene q pasar la membrana va a tener competencia con iones de su misma carga. El K⁺ para atravesar la membrana tiene como competencia a altos pH a los protones y a bajos pH a los hidroxilo.
- Presencia de otros iones: la presencia de iones similares dificulta la absorción de elementos esenciales.

Tema 10 Absorción y transporte de iones en la planta

A excepción del C y un poco de O y de H la mayor parte de los elementos la planta los tiene q tomar del suelo. Solo nos importa el suelo en contacto con la planta. Presencia y disponibilidad de un elemento no es lo mismo. El elemento tiene q estar y ser disponible para poder pasar a la planta, tiene q ser soluble y pasar con el agua, tiene q estar en forma iónica. (hoja 59 Fig. 11.4) De todo el suelo, el importante para la planta es la Rizosfera (suelo controlado por la actividad radical). Tanto la materia orgánica como la inorgánica del suelo están cargadas negativamente. Esto tiene como consecuencia q a las partículas del suelo se pegan cationes siendo adsorbidos y se repelen los aniones. Los aniones han de estar en el agua q esta disuelta en el suelo.

Capacidad de intercambio catiónico

Es la capacidad de las partículas del suelo para retener cationes. Los aniones no suelen tener cargas + donde pegarse, por eso tienen q estar flotando. /hoja 60 Fig. 5.3) En la raíz hay diferentes zonas. Hay una zona fuera de la raíz cubierta por una especie de moco, es el mucigel, son mucopolisacáridos secretados por el aparato de Golgi q se secretan al exterior.

Los nutrientes con el agua pasan a favor de gradiente a la rizosfera. Los carbohidratos sintetizados en la fotosíntesis llegan a emigrar por la raíz. Parece q la planta exporta para el metabolismo de otros organismos.

Funciones del mucigel

- Lubricación del ápice radical para favorecer su concentración.
- Evitar la desecación del ápice radical.
- Mantenimiento de una microflora (la mayor parte de las setas están asociadas a árboles formando las micorrizas. Las Rhizobacterias relacionadas con plantas q se aprovechan de los carbohidratos del mucigel.
- Aumentar la disponibilidad de los nutrientes. Hay cambios de pH q hacen disponibles nutrientes q no lo eran.
- Quelación de metales tóxicos. Estos polisacáridos son capaces de fijar los metales e impedir q entren en la planta.

Toma de aniones y cationes

(hoja 59 Fig. 11.4) desde el punto de vista de la raíz los cationes (+) están fijados y los aniones (-) no (estos dependen del estado hídrico, cuando llueve los aniones son arrastrados perdiéndose continuamente).

La mejor forma asimilable de N es el nitrato pero se dan problemas de lixiviación (perdida del N con el agua gravitacional q se va perdiendo), también esta el problema de la desnitrificación porque hay bacterias q lo usan como aceptor de e^- generando óxidos de N eliminándose el nitrato del suelo.

El amonio es mas estable, pero al tener carga + puede ser volatilizado y es un forma menos asimilable por la planta ya q es mas toxica.

La raíz para tomar los cationes tiene q romper el enlace por dos procesos:

- Intercambio de contacto: la raíz suelta H^+ para estabilizar las cargas.
- La raíz es una fuente de CO_2 : el CO_2 con el agua del suelo forma

$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$, fuente de protones q viajan al suelo y pueden cambiarlo por el K^+ pasando los K^+ a la raíz mediante una disolución diluida.

Distribución de los iones (hoja 61 fig5)

Una vez dentro los iones tiene q haber un movimiento radial para llegar al xilema y luego un movimiento longitudinal hasta la parte aérea.

Para viajar por el xilema hay dos rutas básicas:

- Vía del simplasto: es la vía citoplasmática a través de los plasmodesmos, es poco efectiva y mas lenta q la del apoplasto. Esta vía en algún momento puede tomar iones esenciales q necesita y repeler no esenciales.
- Vía del apoplasto: Este ion en un momento dado puede salir al exterior y viajar por las paredes sin entrar en ninguna célula, seria por el xilema, sin atravesar los citoplasmas. Esta vía aumenta la superficie de absorción, el problema es q no hay selectividad.

Hay una estructura especial q es la endodermis q obliga a los iones a pasar por el simplasto pues de esta forma se da la selectividad y no se cuelan iones no esenciales.

Para q esto se de, se tienen q sellar las paredes para q no entre el agua, esto se hace con la suberina y la lignina, de manera q se obliga al agua y a los iones a pasar por la membrana.

La endodermis tiene unas células selladas formando la *Banda de Caspary* q hace a la pared impermeable al agua (apoplasto). Una vez atravesada la endodermis pueden seguir por el simplasto o salir de las células y seguir por la vía del apoplasto. La epidermis es uno de los pocos puntos donde la pared esta sellada. La sabia del xilema es una disolución muy diluida, tiene iones, nutrientes, ac. orgánicos implicados en la translocación de algunos elementos, aa.

El nitrato es transformado en la raíz formando los aa q son los q viajan por el xilema, no viaja el nitrato como tal. También viajan hormonas (excepto el etileno).

La fuerza q dirige el movimiento hacia arriba es la transpiración. Una vez en las hojas el agua se pierde, pero ¿q ocurre con los iones?.

Hay una serie de criterios q obligan a los iones a moverse hacia un lado u otro. Se rige por la actividad metabólica q condiciona la distribución iónica. Los tejidos jóvenes tiran de los iones porque necesitan de ellos para formar sus estructuras. Los maduros como ya están formados no tiran de estos iones ya q no tienen q hacer estructuras nuevas. El superávit de iones se acumula en las vacuolas.

La deficiencia de iones móviles se nota primero en los tejidos maduros.

Iones móviles : nitrato, potasio y fósforo.

Iones no móviles : azufre, hierro, manganeso y calcio.

Si la deficiencia se da en los tejidos jóvenes se trata de una falta de iones no móviles.

Absorción foliar

Se da en todas las plantas, pero mas importante en las acuáticas y en las epifitas aéreas. Tienen absorción foliar de todo tipo de sustancias, ya sean orgánicas o inorgánicas. En ocasiones este tipo de fertilización puede ser más favorable ya q en el suelo puede q haya problemas para tomar los elementos.

Entran por tres vías :

- Estomas : si pulverizamos un pesticida algunas gotas caen sobre ellos penetrando.
- Ectodesmos : discontinuidades de la epidermis por las q entran estas gotas (vía específica).
- Cutícula : es difícil, la translocación es lenta. Para q sea mas rápida se le puede colocar al herbicida un compuesto apolar para q pase la cutícula o se quede en ella, ya q la cutícula es apolar. Estas moléculas son los surfactantes.

Tema 11–12 Nutrición mineral

La nutrición son los procesos metabólicos q favorecen la toma de nutrientes a la planta y la incorporación a su interior. El suelo les sirve como fuente de agua , nutrientes, sostén, gases. Mas de la mitad de la superficie radical se debe a los pelos radicales, las raíces leñosas no tienen importancia en cuanto a la absorción.

Disponibilidad de nutrientes

La disponibilidad de un elemento se debe a una serie de factores:

- **pH:** (hoja 62 Fig. 5.6) no todos los elementos se necesitan en igual proporción, hay macro y microelementos. La disponibilidad se muestra por la anchura de la banda. De 5 – 7 podrían ser los pH relativamente buenos para el crecimiento del vegetal. Del pH depende la disponibilidad, pudiendo inducir una deficiencia o toxicidad. Así para tratamientos de suelos con metales pesados se sube el pH del suelo para evitar la disponibilidad del mismo.
- **Presencia o no de microorganismos en el suelo:** los M.O. afectan a través del pH del suelo subiéndolo o bajándolo. A veces liberan compuestos carbonados o sustancias ácidas en su actividad metabólica (terapia de suelos contaminados). Transformación de nutrientes. Una planta cuando se muere se degrada dando una cantidad de nutrientes con nitrógeno por la amonificación. Así una sustancia poco asimilable por la planta se transforma en asimilable.
- **Distribución de los elementos:** alrededor de la Rizosfera se forma una distribución libre de los elementos. El suelo depende de la meteorización de las partículas q lo forman. Existen relaciones simbióticas q pueden explorar a metros.
- **Relaciones hídricas:** permiten la movilidad de los iones, relacionado con la distribución de los elementos. Cuanto mayor sea el mas solubilidad y mayor facilidad del paso de cationes a la planta.
- **Presencia de iones similares:** la disponibilidad de algunos elementos depende de la presencia de otros.

Determinación de un elemento esencial o no: si esta en el interior de la planta, esta disponible y puede ser esencial para la misma. Son necesarios unos requisitos para saber si es esencial (hoja 62).

- Favorece el crecimiento de la planta. Al variar la concentración del nutriente crecerá hasta un tope q será la dosis optima y la concentración critica q es la concentración de un elemento q con su mínima concentración produce el máximo crecimiento.
- Micronutrientes son los q si los ponemos en exceso resultan tóxicos, a pesar de ser esenciales. La grafica q harían es de este tipo:

El 96% de toda la materia de un vegetal lo constituye el oxígeno, carbono e hidrógeno.

Elementos de esencialidad restringida. Solo son esenciales para un grupo restringido de plantas : Na⁺ para las halófilas, Se para el genero *Astragalus* , los animales q las comen se mueren por acumulación de selenio.

Clasificación actual según su función (hoja 64 tabla 5.3)

- **Grupo 1:** tomados en forma iónica o gas. Constituyentes mayoritarios de la planta. Se incorporan por reacciones de carboxilación y oxidorreducción.
- **Grupo 2:** forman parte de reacciones de transferencia de energía.
- **Grupo 3:** sin función conocida. Se toman en forma iónica. Relación con el potencial osmótica.
- **Grupo 4:** se asimilan en forma iónica o en quelatos. Son grupos prostéticos implicados en la CTE.

Criterios de esencialidad de Arnon y Stout

Se han de cumplir tres postulados:

- sin ese elemento la planta no completa su ciclo vital.
- la deficiencia solo se corrige añadiendo el elemento.
- se tiene q demostrar un papel directo nutricional en algún proceso del vegetal.

Agentes quelantes (Fig. 5.10)

La forma iónica a veces es un problema. Un agente quelante es un agente q se combina con el elemento. Uno de ellos es el EDTA (etilendiaminotetraacetato). Es un compuesto carbonado cuyos grupos carbonados se

unen al Fe^{3+} haciendo el complejo muy soluble en agua para q la planta lo adquiera. Se dan dos tipos de estrategias:

- **Tipo 1:** en dicotiledóneas y monocotiledóneas. Se da cuando el pH es alto. A través de la Rizosfera segregan ácidos orgánicos (cafeico), q se combina con el Fe^{3+} formando el complejo cafeico Fe^{3+} . Este va por la disolución cerca de la raíz y con agentes reductores donando e^- rompen el enlace liberando el cafeico y el hierro es absorbido.
- **Tipo 2:** en gramíneas. La planta sintetiza compuestos llamados fitosideróforos (ácido avénico y ac. mugineico), q se secretan a la Rizosfera y se unen al Fe o a otro elemento. Pasa a la planta donde es absorbido el complejo, se da la reducción y se asimila el compuesto liberándose el ácido al suelo.

Funciones de los elementos (hoja 65, 66 y 67)

N: la deficiencia provoca clorosis. Reducción de crecimiento. Esencial para aa, proteínas. Necrosis en las puntas. Coloración purpúrea. Efectos detectados en las hojas maduras.

P: clorosis no tan evidente. Necrosis de puntas. Color verde intenso con rojo.

K: clorosis marginal, seguida de necrosis marginal. Mantenimiento osmótico, estabilización de membrana.

S: clorosis en las hojas mas jóvenes.

Ca^{2+} : la concentración esta regulada por la calmodulina. Los niveles de Ca solubles son muy bajos. Implicado en la síntesis de 2º mensajeros químicos. Necrosis en la zona interna de la hoja.

Mg^{2+} : tiene q ver con la activación de enzimas como la rubisco. Clorosis q se nota en las hojas maduras y es de tipo intervenal.

Fe: se manifiesta en hojas jóvenes. Son la mayoría

de las clorosis q se ven. El 80% del Fe foliar esta en el cloroplasto y son estos los q mas sufren la deficiencia. Cloroplastos mas pequeños. Mas clorosis con baja cantidad de clorofilas y bajas tasas fotosintéticas.

B^{+} : se ve en tejidos jóvenes. Aparecen necrosados y las plantas tienen enanismo.

Mn^{2+} : en tejidos jóvenes clorosis con necrosis intervenal.

Cu^{2+} : plantas pequeñas y necrosadas en las puntas. Actúa como cofactor en transporte de electrones (plastocianina).

Zn^{2+} : enanismo, acortamiento internodal.

Presencia de los elementos

La presencia de algunos elementos hace q la planta este mas restringida.

- **Toxicidad:** metales pesados y salinidad. Q sean tóxicos no quiere decir q no sean esenciales. Hay no esenciales q provocan toxicidad.

Metales pesados: hay q especificar si se trata de esenciales o no. Es el tipo de contaminación mas grave. Como no se pueden degradar son reconvertidos en compuestos mas utilizables por las plantas. Un mecanismo de detoxificación es la fitorremediación. Los elementos mas tóxicos son los q mas rápido se mueven para

alterar puntos clave de la planta (**hoja 68 Fig. 8.8**) dos estrategias para sobrevivir en un suelo contaminado por metales pesados.

- acumulación : se concentran en ciertos lugares gran cantidad pero sin afectar a la planta. (compartimentación en la vacuola o precipitación con fosfatos impidiendo q afecte al metabolismo Quelación y acumulación en las vacuolas)
- exclusión : impedir q el metal este en el citosol. Otra técnica es la fitovolatilización (Hg, Se). (unión de metales a la pared transporte reducido a través de la membrana celular salida por transporte activo de los metales).

Salinidad : hay q tener en cuenta el componente osmótico y el fenómeno de la competencia. La presencia del ion baja el componente osmótico porque restringe el agua. En cuanto a la competencia el Na⁺ esta compitiendo con otros elementos esenciales.

Una estrategia para evitar la salinidad tiene q ver con la caída de las hojas.

- Simbiosis : fijación biológica del N₂ , micorrizas, líquenes, parasitismo, carnivorismo.

Fijación biológica del N₂ : asociación simbiótica entre hongos y plantas. Ectomicorrizas y endomicorrizas. Las bacterias forman nódulos en las raíces donde se fija el N₂ , el amonio en aa, estos pasan a la planta q cede carbohidratos a la bacteria.

Micorrizas : asociación simbiótica entre hongos y plantas. Pueden ser Ectomicorrizas y endomicorrizas. (**hoja 69**) El nódulo tiene forma de Y en las ectomicorrizas, y hay transferencia de los elementos. A la planta entra agua y sustancia minerales y la planta exporta carbohidratos. El hongo puede explorar suelos pobres en compuestos orgánicos y la planta explora zonas lejanas con gran superficie de exploración gracias a las hifas del hongo. El 90% de esta asociación son endomicorrizas. Se puede dar simbiosis con mas de una especie de hongos.

Ectomicorrizas : (**hoja 70**) el manto son las hifas del hongo q envuelven a la planta. La red de Harlig es una red constituida por las hifas del hongo q se introducen dentro por lugares determinados (espacios intercelulares).

Endomicorrizas o vesiculo–arbusculares : (**hoja 71**) las hifas se introducen en el interior. Las hifas van por los espacios intercelulares dando la asociación mas intima. Degradan la pared y obligan a la planta a invaginar su membrana pero nunca llegan al citosol. El intercambio es mayor, siendo mas eficientes. No se sabe bien como se da la transferencia, la planta degrada el arbusculo y absorbe los nutrientes. La mayor parte de las herbáceas hacen esto. (**hoja 72**) La planta da sacarosa y el hongo fosfato. La sacarosa se mueve a favor de gradiente expulsándose al exterior porque el hongo lo toma desde el apoplasto mediante transporte activo. El fosfato desde el hongo va por transporte pasivo gracias a una ATPasa q crea un gradiente de fósforo entrando los fosfatos en la planta por simporte.

Líquenes : (**hoja 73 Fig. 25.8**) asociación entre un hongo y un alga. En la matriz del hongo se insertan las algas. Hay una capa q le permite unirse al sustrato, una capa de algas y luego una capa libre de algas. El alga sintetiza esqueletos carbonados q difunden al hongo donde los usa generando CO₂ por la respiración y en vez de ir a la atmósfera lo toma el alga volviendo a generar los esqueletos.

Parasitismo : hay especies q tienen un retroceso evolutivo en sus procesos nutricionales, convirtiéndose en plantas parásitas ya q no pueden tomar los elementos del suelo. Dos tipos de parasitismo:

Hemiparasitismo : muérdago. Parasita a nivel de xilema. Si tiene q fotosintetizar. Fotosintetiza cuando otras plantas descansan. Su estrategia es bajar mucho su y tener abiertos los estomas mucho tiempo transpirando

a tasas muy elevadas (muérdago < planta)

Holoparasitismo : es la mas estricta. Parasita el floema. Ha perdido las hojas pues no le hace falta fotosintetizar. El haustorio es una prolongación q emite la holoparásita q le sirve para explorar el medio. Lo único q sobresale es la flor. En el haustorio se consigue q el sea mas bajo y q las tasas de transpiración sean mucho mas altas (mas q las tasas de transpiración de las hojas). Con las altas tasas de transpiración la Tª de las hojas del parásito es mucho mas baja.

Carnivorismo : plantas q viven en turberas. Son zonas pobres en N. Cazan insectos como fuente de nutrientes, sobre todo de N. Han desarrollado enzimas para poder degradar los aa y obtener el nitrato.

Tema 13 Transporte por el floema

Estructura, composición, carga y descarga, funcionamiento.

El floema es un medio de transporte a larga distancia. Tiene un movimiento ascendente, descendente y lateral. Necesita transporte activo para bombear los solutos. Se mueve de las fuentes a los sumideros.

Estructura

Localización mas extensa q el xilema

. Su unidad funcional es el elemento criboso q son células q se adaptan para funcionar en este sistema, el elemento criboso tiene las células acompañantes, las fibras o las esclereidas. La placa cribosa conecta dos elementos cribosos. El transporte se da con la acción conjunta del elemento criboso y la célula acompañante. El soporte lo dan las fibras y las esclereidas.

Para demostrar q el floema es un tejido transportador dos experimentos:

- Pinchando la planta se ve q sale liquido q es lo q transporta.
- La técnica del anillado es quitar la corteza selectivamente, rompiendo el tejido floemático y preservando el xilema. Al cabo de los años el tejido se deformaba. Supusieron q la raíz vivía de algo q iba de arriba abajo (**hoja 74 Fig. 4.1**) se daba un abultamiento en la parte superior de donde se da el corte. Por lo q se sabe q había algo q se transportaba de las hojas a la parte basal y es el floema.

Elemento criboso : varios unidos forman el tubo criboso. Las áreas cribosa laterales son para interaccionar con las células acompañantes (**hoja 75 Fig. 7.5**)

Según madura el elemento va perdiendo el contenido del interior. El elemento criboso tiene membrana y pierde casi todos los orgánulos en cambio las células acompañantes tienen todo tipo de orgánulos (**Fig. 7.6**).

Ontogenia (**hoja 76 Fig. 4.2**) la célula meristemática se divide longitudinalmente. La edad de ambas células es la misma. Se dan unos cambios. Un elemento criboso maduro tiene un engrosamiento de membrana. Hay una gran deposición de material de la pared debido al Ap. Golgi. No hay lignificación. Los poros provienen de antiguos plasmodesmos q darán la placa cribosa. La calosa permite tapar heridas y parar el transporte a larga distancia. Todos los orgánulos se van perdiendo. Los elementos cribosos van acumulando una proteína P. El núcleo va desapareciendo. El Ap. Golgi, RE... inicialmente son activos para sintetizar material de la pared y en las etapas finales pierden su actividad, degeneran y se pierden.

Aunque son células sin orgánulos son vivas y activas porque no han perdido la compartimentación aportada por la presencia de la membrana.

Composición de la sabia floemática

Cualquier pequeño cambio da artefactos microscópicos, por lo q se congela y luego se da el corte. La presión del floema es positiva por lo q los pulgones solo tienen q pinchar y el floema fluye hacia ellos. Para recoger la sabia se coge el pulgón y se anestesia con CO₂ cortándose el cuerpo y dejando el estilete (**hoja 77 Fig. 7.12**). La sabia del floema es mas concentrada q la del xilema.

De toda la materia seca la mayoría de lo q se transporta son carbohidratos (disacáridos como la sacarosa) oligosacáridos como la rafinosa, estaquiosa, verbascosa... también se transportan aa, los mas abundantes son ac. glutámico, asp, asparagina. Son la fuente principal de transporte de N. Hay gran cantidad de iones (nitrato a través del xilema), las formas nitrogenadas viajan siempre en forma de aa o proteínas. pH ligeramente alcalino. Transporta todas las hormonas menos el etileno. Potencial osmótico bajo. (**hoja 79 Fig. 6.12**) las C4 son mas eficientes en el transporte q las C3. El transporte en cada tubo es unidireccional, en algunos caso se puede dar una mezcla en las zonas donde los tubos cribosos se comunican.

Carga y descarga

Puede ir en cualquier dirección. Siempre se mueve de la fuente al sumidero. La fuente es el órgano productor o almacenador de fotosintetizados (hoja metabólicamente activa). El sumidero es el órgano importador de fotosintetizados (una hoja en formación). Una fuente puede convertirse en un sumidero y un sumidero puede convertirse en una fuente. (**Fig. 6.11**) el fruto es el sumidero. Una patata en formación es un sumidero y cuando se diferencia es una fuente. (**Hoja 80**) la carga se da de la fuente al tubo criboso. Ocurre por:

- *vía simplasto* : célula del mesófilo célula acompañante tubo criboso.
- *vía apoplasto*: salen de la célula productora al exterior celular y del apoplasto pasan al tubo criboso.

Carga : se genera transporte primario por la actividad de un ATPasa q bombea P⁺ al exterior. Se cree q el mesófilo también contribuye con otra ATPasa menos efectiva. Con esto el mesófilo tiene un pH alcalino el del simplasto es un pH ácido. Los H⁺ tienden a entrar y al entrar mueven un transportador q mueve la sacarosa.

Por este transporte también se pueden introducir aa en contra de gradiente gracias al gradiente de H⁺. La sacarosa sale de la célula productora. Esta se esta formando continuamente estando muy concentrada en la célula generándose un gradiente por lo q la sacarosa sale por un mecanismo de difusión facilitada sin gasto de ATP.

El gradiente se mantiene porque la sacarosa esta siendo retirada continuamente del apoplasto hacia el tubo criboso.

Descarga : (**hoja 81**) bien por la vía simplástica o apoplástica. Un sumidero consultivo es el q consume. Se da la vía del simplasto. Un sumidero de reserva es el q acumula. Se da la vía del apoplasto.

En el simplasto la sacarosa puede salir como tal e incorporarse, (tiende a salir del tubo criboso a favor de gradiente porque se esta retirando continuamente). Se gasta cuando se carga, no cuando se descarta. No se modifica en plantas C3.

Las C4 tienen un proceso más acelerado para crear el gradiente. En el apoplasto se rompe la sacarosa en sus monómeros, entran en la célula de almacenamiento y se vuelve a formar la sacarosa. Se crea un segundo gradiente, en el mismo apoplasto se da el tirón para crear el gradiente.

Funcionamiento

Teoría de flujo a presión o de flujo en masa. Hipótesis de Munch (**hoja 82 Fig. 6.21**) siempre se mueve de

la fuente al sumidero. Primero hay una carga y posteriormente una descarga. Se da la carga del floema. Hay un sistema y concentra sacarosa en el tubo criboso disminuyendo el π . La gran concentración de sacarosa tira del agua de las células de alrededor. Es una entrada pasiva de agua. Con la entrada de agua aumenta el volumen distorsionando las paredes. Al no romperse las paredes dado q están reforzadas el aumento de volumen acaba moviendo en masa el floema dándose el transporte.

En el sumidero la sacarosa tiende a salir por sí misma a favor de gradiente. Hay un aumento del π y hay una salida pasiva de agua a favor del gradiente de π q se genera.

Las paredes están relajadas y no crean ninguna fuerza. En cuanto se empieza a consumir sacarosa el movimiento se invierte. El floema tiene q tener unas observaciones q cumplan la hipótesis:

- Presión positiva (0.1 – 4).
- Los solutos tienen q viajar en el mismo sentido y velocidad.
- Tiene q existir un gradiente de concentración. Más concentrado en la fuente. Menos concentrado en el sumidero.
- Poros abiertos. Las plantas no han quitado las placas cribosas porque les permiten tapar fisiológicamente al ocluir los poros con proteína P.

Otras teorías son:

Flujo electroosmótico : con la célula acompañante se genera un flujo de K^+ q por gradiente pasa al otro lado de la planta generando una especie de gradiente eléctrico. Se genera un gradiente eléctrico q permite el paso de sacarosa, aa, ...

Corrientes protoplasmáticas : en la célula se generaría algún movimiento q permitiría mover la sacarosa en una dirección y por ejemplo aa en dirección contraria. Esto explicaba la bidireccionalidad.

Tema 46 Aspectos generales del metabolismo secundario

El metabolismo secundario es todo lo q no es metabolismo primario (procesos básicos q tienen todos los organismos vivos). Los metabolitos primarios por excelencia son lípidos, azúcares, proteínas y ac. nucleicos. Un metabolito 2º es uno q deriva de uno 1º o de una ruta colateral. (los 2º son tan importantes como los primarios).

Características de los metabolitos secundarios

Origen mayoritariamente vegetal. Existen pocos microbianos e inexistentes en animales.

Estructura muy heterogénea. Hay compuestos muy sencillos y otros muy complejos. **(hoja 83)**

Distribución heterogénea entre las especies y también dentro de una especie en los diferentes tejidos de la planta. Esto no ocurre con los metabolitos primarios.

Están compartimentizados. Los 2º están en un lugar encerrados por membrana porque son tóxicos. La mayor parte de ellos están en la vacuola. Un carotenoide está en el cloroplasto, unos implicados en la fotosíntesis y otros en dar color.

Les permite regular su metabolismo: enzimas en el citoplasma inactivo porque el sustrato está en un orgánulo.

La producción se produce en células especializadas y no todas las células están especializadas en su producción. Su producción además depende de la fenología, esto es, de los diferentes estadios del desarrollo

de la planta. Su producción depende del ambiente. Suele ser un tipo de respuesta ante un estrés. A veces el ambiente puede ser otra planta, un patógeno o incluso un animal.

Tipos (hoja 84)

Fenoles : tienen un anillo bencénico.

Terpenoides : -caroteno esta en todos, es el centro de reacción del fotosistema II.

Alcaloides : tienen nitrógeno en las moléculas.

aa no proteicos.

Glucósidos cianógenos : compuestos con actividad ciano.

(hoja 85 Fig. 13.4) Algunos metabolitos 1ºs se desvían hacia otras rutas dando lugar a compuestos que son los metabolitos 2ºs y también algunos metabolitos 1ºs como son los aa aromáticos y los alifáticos se generan los alcaloides.

Funciones de los metabolitos secundarios

Su primera función es q no tengan ninguna función específica. Hablamos de:

Funciones itraespecificas.

- ◆ Desintoxicación de metabolitos 1ºs: estos compuestos son importantes dentro del vegetal.

Las plantas no tienen sistema excretos. En ocasiones aprovechan la abscisión foliar para expulsar elementos tóxicos. Otras veces se desembarazan de elementos tóxicos provenientes del metabolismo 1º.

La ruta del ácido Shikimico nos da aa aromáticos como Phe, Tyr, y Trp. Si hay una proteolisis rápida se liberan aa q pueden ser tóxicos. Una forma de eliminarlos es desaminarlos y dar lugar a fenoles, esto es transformarlos en otros compuestos.

En condiciones de sequía la [fenoles] es mayor. Con el amonio q se libera podemos incluirlo y formar alcaloides.

Lo q pueden hacer es compartimentalizarlos y acumularlos por ejemplo en el exterior de la célula como la lignina .

- ◆ Importantes en la fisiología celular : en la fotosíntesis hay compuestos necesarios para q se pueda dar. Otro ejemplo son las vitaminas.
- ◆ Importantes en la estructura : algunos compuestos son importantes para la estabilización de las membranas, lignina, celulosa.

Funciones intersepecificas.

Importantes para controlar a otras especies. Importantes en su relación con otras especies.

Hoy unas teorías de Bell (1978) q proponía q la distribución era debida a las funciones interespecificas.

Todo este desarrollo de la presión selectiva se ve representada por la inmovilidad de las plantas.

En otros organismos la movilidad les permite defenderse. las plantas han de defenderse valiéndose de la movilidad de otros organismos. Las plantas aprovechan la movilidad de otros organismos para poder transportar sus genes. Hay una coevolucion.

La hoja se transforma en flor, el insecto se acerca a recoger el polen y transmite los genes de planta en planta.

En el caso de la defensa ocurre lo mismo. Formaría compuestos muy tóxicos q impidan ser depredados por otros organismos.

Otro ejemplo es la defensa contra organismos patógenos. Es el caso de las fitoalexinas, esto es, producen fitoalexinas q les sirven como mecanismo de defensa.

Las plantas viven en competencia constante bien mediante una guerra con las mismas armas o bien porque han desarrollado unas rutas q les permiten obtener compuestos q actúen en la fisiología de otras plantas. Es el caso de las fitoalexinas q son compuestos con actividad antimicrobiana q pueden no ser tóxicos para ella misma.

Puede darse la producción de compuestos q afecten a otras plantas q impiden de un modo restringido su crecimiento. Son compuestos aleloquímicos.

La alelopatía es la ciencia q estudia el efecto de agentes químicos de distintas plantas sobre el desarrollo de otras plantas.

La juglona es uno de estos agentes aleloquímicos. El ac. cinámico, ac. formico, ac. felúrico, en definitiva ácidos benzoicos son agentes aleloquímicos.

Una vez q las hojas del nogal caen siguen funcionando para el árbol. La degradación de estas hojas impide la germinación de semillas de otras plantas.

Las plantas son capaces de emitir compuestos q son los flavonoides q actúan en la simbiosis.

También en una labor previa a la síntesis de flavonoides facilita el crecimiento de alguna especie q va a ser el q intervenga en la simbiosis.

La planta sintetiza compuestos q atraen a organismos. También se da la presencia de compuestos repelentes para q no sean depredados.

Tema 47 compuestos fenólicos

Presencia de un anillo aromático con una serie de radicales. Su localización en la planta es mayoritariamente vacuolar. En un metabolito 2º la parte no azucarada de la molécula, es la aglicona q esta aislada y además activa.

Son moléculas muy reactivas ya q son capaces de establecer muchos puentes de H. Rompen la estructura tridimensional de las proteínas desnaturalizándolas.

Dada la presencia de tantos OH e H son capaces de quelar metales quedando desnaturalizados muchos enzimas q actúan con metales.

Presentes en organismos vegetales y no en animales.

Biosíntesis de fenoles (hoja 86)

Siempre provienen de esqueletos carbonados.

Proviene de la ruta del ac. Shikimico. Este ácido esta en todas las plantas. Se descubrió en la planta Ilicium amisalium donde su concentración es muy alta.

Proviene de intermediarios de algunas rutas del metabolismo primario principalmente del ciclo de Calvin y glucólisis q originan la eritrosa-4p y el PEP respectivamente.

La concentración de la eritrosa-4p y PEP da una cadena carbonada de 7 C.

Mediante transformaciones se origina el shikimato q sufre fosforilación dando shikimato 7P q con otro PEP da enolpiruvilshikimato-P. A partir de este se origina el corismato.

Dependiendo del enzima q coja de este corismato dará un compuesto u otro. Si lo coge la antranilato sintasa da Trp y si lo coge la corismato sintasa dará o bien Tyr o Phe.

Ya tenemos los aa aromáticos esenciales.

El Trp se utiliza para la síntesis de AIA, proteínas y alcaloides, con la otra ruta damos lugar al resto de las enzimas.

Esta parte del ciclo se abre con el enzima Pal (Phe amonioliasa) q desamina a la Phe y se convierte en un fenol q es el cumarato.

Si utiliza Tyr la desamina y da cinamato.

Con estos fenoles hacemos lignina, muchos alcaloides y muchos flavonoides.

(hoja 87) Dependiendo de los radicales q tenga y del enzima q actúe obtendremos el resto de los fenoles. Los fenoles simples son los más tóxicos.

Funciones (hoja 85 tabla 1)

- Pigmentos florales : los más aparentes son las antocianinas q es una antocianina con un azúcar. Unas dan color rojo, otras azul, pueden cambiar de color dependiendo del entorno fisiológico de la planta sin cambiar de moléculas. Otros fenoles son flavonoles y flavononas.
- Pigmentos de los frutos : antocianinas. Se ven porque la clorofila se va degradando. También están las isoflavonas.
- Reconocimientos de simbiosis : flavonoides. Agentes alelopáticos.
- Protectores contra herbívoros e insectos : flavonoles.
- Agentes funguicidas : isoflavonas.
- Fitoalexinas : isoflavonas.
- Estrés abióticos : Luz , frío., inducen la formación de fenoles.

Tema 48 compuestos isoprenoides o compuestos terpenoides

Grupo con mayor numero de representantes conocidos.

Insolubles en agua más q los fenoles.

Estructuras muy variadas de unos compuestos a otros.

Origen biosintético q es la ruta del acetato–mevalonato.

Biosíntesis

Si son 5 o múltiplos de 5 el número de C es un terpenoide ya q todos son repeticiones de una unidad de 5C q es el isopreno.

Todos los compuestos son repeticiones de esta estructura.

H₃C

CH CH CH₂ Isopreno

H₃C

H₃C

CH₂ CH₂ CH₃ Isopentano

H₃C

Ruta clásica

Se condensan 3 moléculas de Ac CoA dando una molécula de 6C (ac. Mevalónico). Este se fosforila 3 veces y se descarboxila transformándose en una molécula de 5C q es el isopentenil PPi. Este se parece al isopreno y es la molécula q se va repitiendo. Este isopentenil PPi es el intermediario a partir del cual se forman los demás.

Ruta alternativa

Se forman 3 P–gliceratos a partir de la glucólisis. También se necesita piruvato, pero solo se necesitan 2C de este pirúvico. La unión da un compuesto de 5C q es el deoxixilulosa 5P y a partir de esta el isopentenil PPi. Este intermediario es común a ambas rutas.

(hoja 88) biosíntesis de terpenoides: el fitoeno es el primer intermediario tetraterpeno. El diterpeno se forma uniendo dos moléculas de geranyl PPi. Solo se acumula el producto final, no los intermediarios. Toda esta síntesis se da en el plastidio.

El enzima, sin soltar al monoterpeno, le une un IPP originando un diterpeno q es el q suelta.

En la ruta clásica los sesquiterpenos se liberan. En el plastidio los hemiterpenos y monoterpenos se pueden liberar.

Los hemiterpenos son muy volátiles. Los sesquiterpenos no se pueden liberar, esto es al unirle al monoterpeno un IPP este no se libera, pero al unirle otro IPP formamos los diterpenos q sí se pueden liberar.

Tipos y funciones

Monoterpenos

Son moléculas de 10C. Forman la mayor parte de los aceites esenciales. Le sirven como:

- Alelopáticas

- Insecticida
- Antialimentario
- Atrayentes
- Repelentes
- Bactericidas
- Funguicida

Sesquiterpenos

- Fitol y ac. giberelico
- Funciones en la fotosíntesis , síntesis de la clorofila.
- Antialimentario (resina)
- Antioxidantes
- Antimitóticos

Triterpenos

- Insecticidas
- Antialimentario

Tetraterpenos

- Pigmentos accesorios
- Centro de reacción en la fotosíntesis
- Antioxidante

Tema 49 alcaloides

Grupo heterogéneo en cuanto a su estructura química, biosíntesis y en cuanto a su distribución en las plantas.

No todas las plantas tienen alcaloides. Hasta el 30% de las plantas conocidas se pueden considerar alcaloideas.

Tienen un N en un anillo.

La mayor parte de los alcaloides son ligeramente alcalinos.

Derivan de un aa, los indólicos del Trp.

Su origen es mayoritariamente vegetal.

Algunos animales tienen este tipo de veneno tomados del vegetal q les hace inmunes.

Funciones

Reguladores del crecimiento. Control de la germinación. En algún momento entra agua diluyéndose los alcaloides, la semilla los puede excretar y empieza a darse el crecimiento. Con esto se consiguen dos efectos: se expulsa el inhibidor y el inhibidor controla el desarrollo de las plantas de los alrededores.

El parecido con las auxinas les confiere un efecto parecido. Algo similar pasa con las purinas como las citoquininas, teniendo un efecto similar.

De protección a agentes bióticos o abióticos. Cuando una planta está expuesta a la luz sintetiza más cantidad

de alcaloides. Desestresa los estados activos de las clorofilas. Con agentes bióticos (herbívoros), tienen como función evitar la depredación. Si las condiciones son buenas crecen más las plantas sin alcaloides, pero en condiciones muy malas crecen más las alcaloideas porque son menos depredadas.

Contra patógenos.

Como producto de desecho. Se piensa que no es una función primordial. Las plantas no saben qué hacer con ciertos compuestos y los acumulan en forma de estos alcaloides.

Como sustancias de reserva de N. En algunas plantas no funcionan así.

Como regulador del balance iónico o para mantener a veces el pH. Sustituirían a bases orgánicas.

Función pigmentaria.

Producción y regulación

Depende de una dotación genética el poder sintetizarlos o no. También hay que tener en cuenta los factores ambientales ya que a pesar de que tengan la dotación genética les falta el factor ambiental: luz, T^a, estrés hídrico, nutrientes...

La producción aumenta con niveles amoniacales, utilizan pH alcalinos.

Grupos (hoja 89)

Tienen en común un aa que puede ser proteico o no proteico. Se pueden hacer dos grupos: alifáticos y aromáticos. La Lys da lugar a los alcaloides quinolidínicos. También puede participar en otros alcaloides que son los piperidínicos.

La ornitina da lugar al tropano.

A veces hablamos de alcaloides de las nicotáceas, que son los típicos de plantas de la nicotina.

A partir de Phe y Tyr dan lugar a los alcaloides de amarilidáceas.

Con esta Phe y Tyr dan lugar a la colchicina.

Las isoquinolinas provienen principalmente de la Tyr. (morfina, codeína)

Los alcaloides indólicos provienen de Trp. La quinina también.

Los alcaloides purínicos (teobromina – cacao, cafeína – café, teofilina – té) provienen de las purinas.

Fisiología vegetal – 11 –

