

## Lezione 1: Cellule e tessuti vegetale

1. Le piante sono organismi eucarioti come gli animali

Procariota	Eucariota
Unicellulare	Prevalentemente pluricellulare
DNA circolare	DNA lineare
Nucleo assente	Nucleo presente con una membrana
Organelli assenti	Organelli provvisti di membrane
Sono piccole: 0.1 - 5 $\mu\text{m}$	Più grandi: (10-100 $\mu\text{m}$ )

2. Caratteristiche delle piante:
  - a. Grande vacuolo centrale
  - b. Cloroplasti
  - c. Parete cellulare
3. La parete cellulare è composta da microfibrille di cellulosa (polimeri di glucosio) inserite in una matrice di pectina che fornisce supporto meccanico (cioè flessibile durante la fase di crescita/espansione); permette la comunicazione fra le cellule attraverso plasmodesmi e fornisce difesa meccanica.
4. I cloroplasti sono organelli e contengono i fotosistemi fotoassorbenti (clorofilla e proteine trasportatrici di elettroni associate) e i substrati necessari per la fissazione del carbonio.
5. I principali tipi di tessuti nelle piante:
  - a. Meristemati
  - b. Parenchimati
  - c. Tegumentali
  - d. Secretori
  - e. Meccanici
  - f. Conduttori
6. **Tessuti meristemati:** Costituiti dalle cellule responsabili della crescita verticale dei germogli e delle radici (meristemi primari) e laterale (meristemi secondari); presenti come cellule staminali sull'apice caulinare e radicale, gemme laterali, procambiali, e nel cilindro centrale e nella corteccia (meristemi secondari).
7. **Tessuti parenchimati:** Costituiscono la maggior parte del corpo e di una pianta; hanno funzione di riserva di sostanze assimilate (fotosintesi), trasfusione, conservazione delle riserve (amido), diffusione di ossigeno e fotosintesi; sono caratterizzate da pareti primarie sottili e sono cellule sempre vive a maturità.
8. **Tessuti tegumentali:** Rappresentano lo strato esterno delle cellule delle radici, fusti e foglie (epidermide) e uno strato di protezione (fisica) e chimica (contro la disidratazione). Nelle radici è presente anche l'endoderma con la Banda di Caspary e sughero nei fusti di alcuni alberi. Include cellule specializzate come peli radicali, tricomi e cellule di guardia dello stoma.
9. **Tessuti secretori:** Convolti nel metabolismo secondario, presentano vacuoli molto voluminosi che contengono i composti elaborati per la difesa contro stress biotici

(insetti, funghi, animali). Queste cellule producono oli essenziali, alcaloidi, resine, tannini e sono molto abbondanti sull'epidermide (ad esempio i tricomi).

- 10. Tessuti meccanici:** I tessuti meccanici (collenchima e sclerenchima) sono adibiti al rafforzamento meccanico degli organi della pianta. Le cellule collenchimatiche sono cellule vive e forniscono sostegno plastico (presenti nei tessuti che si stanno sviluppando). Le cellule sclerenchimatiche sono cellule morte e forniscono sostegno elastico nel senso che possono essere deformate ma ritornano alla loro forma originaria.
- 11. Tessuti conduttori:** Coinvolti nel trasporto a lunga distanza dell'acqua (xilema) e degli zuccheri (floema). Le cellule dello xilema (tracheidi e le trachee) sono morte a maturità in modo da facilitare il movimento dell'acqua in senso verticale (perforazioni alle estremità) e orizzontale (punteggiature nelle pareti laterali). Le cellule del floema (le cellule cribrose ed i tubi cribrosi) sono vivi a maturità e facilitano il movimento degli zuccheri attraverso un meccanismo attivo di caricamento/scaricamento.

## Lezione 2: Diversificazione delle piante terrestri

1. Le piante si sono evolute a partire da alghe verdi che vivono in un ambiente completamente acquatico a vivere sulla terra da più di 450 milioni di anni.
2. Il passaggio dall'ambiente acquatico a quello terrestre ha richiesto l'evoluzione di strutture che hanno permesso la conservazione idrica (cuticola e stomi) e il trasporto dell'acqua dal suolo alle foglie (tracheidi e trachee).
3. Le prime piante – Briofite – erano gametofito-dominanti (1N = aploidi) – tutti gli altri gruppi sono sporofito-dominanti (2N = diploidi); ciclo di vita caratterizzato dall'alternanza di generazioni (aplodiplonte)
4. I gametofiti (1N) producono gameti (cellule uovo e cellule spermatiche) in strutture specializzate chiamate gametangi. I gameti sono aploidi (1N) e si uniscono per formare lo sporofito che è diploide (2N.)
5. Gli sporofiti (2N) crescono per mitosi e producono, attraverso la meiosi in strutture specializzate nella produzione di spore chiamate sporangi, le spore che sono aploidi (1N). Le spore germinano e subiscono la mitosi per formare il gametofito (1N).
6. Tessuti vascolari, foglie, steli e radici vere compaiono nelle licofite.
7. Lo xilema secondario compare due volte: in *Equisetum* e prima dell'evoluzione delle gimnosperme.
8. Le gimnosperme hanno solo tracheidi (legno omoxilo) nello xilema, e hanno la prima forma di semi (senza copertura per l'ovulo).
9. Le angiosperme, le piante da fiore, sono le più evolute di tutte le piante terrestri con semi protetti, tracheidi, trachee, fibre e parenchimi (legno eteroxilo), doppia fecondazione con formazione di un endosperma ricco di sostanze nutritive e un'ampia gamma di simbiosi pianta/animale che aiutano l'impollinazione.

## Lezione 3: Semi e le radici

1. I semi contengono l'embrione (2N), l'endosperma (3N = triploide) e l'episperma 2N (dallo sporofito materno).
2. I semi di dicotiledoni hanno 2 cotiledoni (foglie embrionali) e le monocotiledoni hanno 1 cotiledone.

3. Ci sono 2 fasi del ciclo di vita del seme: dormienza e germinazione.
4. La dormienza è preceduta da un periodo di differenziazione dei tessuti embrionali, proliferazione dell'endosperma e disidratazione. È mantenuta da alte concentrazioni di acido abscissico e basse concentrazioni di acido gibberellico.
5. La germinazione è la rottura della dormienza del seme e la riattivazione dell'attività metabolica dell'embrione. È stimolata dall'assorbimento dell'acqua e da altri fattori come la luce (piccoli semi e l'assorbimento di luce rossa e rosso lontano da parte dei fitocromi), la temperatura e la rottura fisico/chimica del tegumento. Si verifica quando le concentrazioni di gibberelline sono elevate e le concentrazioni di acido abscissico sono basse.
6. Gli apici radicali sono suddivisi in 4 zone distinte: la cuffia, la zona meristemica, la zona di differenziazione e la zona di allungamento.
7. Le cellule meristematiche dietro la cuffia si dividono e si differenziano in tessuti meristemati, parenchimatici, meccanici, epidermici e vascolari in base alle loro posizioni relative. Ad esempio, le cellule più laterali diventano cellule epidermiche, quelle più centrali diventano tessuti vascolari.
8. Le radici di dicotiledoni e monocotiledoni differiscono nella disposizione del tessuto vascolare. Nelle dicotiledoni lo xilema e il floema sono al centro mentre nelle monocotiledoni i tessuti vascolari sono disposti ad anello all'interno del cilindro centrale (all'interno dell'endoderma), circondando un centro di tessuto midollare parenchimatico.
9. Le radici laterali emergono dal periciclo nella zona matura e inoltre, in risposta alle condizioni del suolo.
10. I peli radicali sono estensioni delle singole cellule epidermiche, funzionano nell'assorbimento dei nutrienti e dell'acqua e sono altamente reattivi alle condizioni del suolo (umidità, disponibilità di nutrienti, pH, conducibilità elettrica). Aumentano notevolmente la superficie della radice.

#### **Lezione 4: Fusti, foglie ed assorbimento e trasporto idrico**

1. I fusti funzionano come connessione fisica tra le radici che assorbono i nutrienti e le foglie fotosintetizzanti; essi forniscono supporto fisico e regolano la posizione delle foglie (massimizzazione dell'esposizione alla luce e giusta posizione dei tessuti meristemati per la regolare crescita vegetativa e riproduttiva).
2. I fusti delle dicotiledoni presentano un fascio vascolare disposto ad anello, con floema all'esterno e xilema verso l'interno, con cellule del parenchima proprio al centro (eustele).
3. I fasci vascolari dei fusti delle monocotiledoni sono distribuiti irregolarmente nella sezione trasversale con xilema verso l'interno e floema verso l'esterno (atactostele).
4. La crescita primaria avviene a livello dei tessuti meristemati localizzati all'apice caulinare e sulla gemma ascellare. Le cellule meristematiche si dividono e si differenziano in tessuti epidermici, di riempimento, vascolari e staminali primarie rispetto agli organi laterali a seconda delle loro posizioni relative.
5. Il procambio che permane dopo la crescita primaria dello xilema primario e del floema, in seguito a una serie di divisioni cellulari unisce i fasci vascolari in un anello continuo. Le

successive divisioni di questo cambio vascolare producono lo xilema secondario verso l'interno (legno) e il floema secondario verso l'esterno (libro).

6. Nelle dicotiledoni e gimnosperme legnose, è presente un secondo meristema laterale (il fellogeno), che produce sughero (strato protettivo all'esterno composto dalle cellule morte) e il felloderma (strato verso l'interno composto dalle cellule vive).
7. Gli apici vegetativi sintetizzano ormoni della crescita (auxine) che inibiscono lo sviluppo delle gemme laterali e quindi dei rami. Via via che ci si allontana dai meristemi apicali la concentrazione delle auxine diminuisce e con questa la dominanza apicale. Questo fa sì che i rami più vicini al terreno si sviluppino maggiormente. Se l'apice vegetativo viene rimosso, il livello di auxine si riduce e questo evento comporta che la dominanza apicale venga inattivata e che le gemme laterali si sviluppino.
8. Le foglie sono gli organi primari dell'assorbimento della luce e della fissazione del carbonio. Sono composte da una lamina fogliare con tessuti del mesofillo fotosintetizzante e una rete vascolare costituita da una nervatura centrale dominante e ordini di nervature secondarie con diametri progressivamente più piccoli che forniscono acqua e sostanze nutritive all'intera lamina fogliare e trasportano i prodotti della fotosintesi dalla foglia al resto della pianta.
9. Le foglie delle dicotiledoni hanno una nervatura centrale dominante con xilema verso la superficie superiore e floema verso la superficie inferiore, stomi situati prevalentemente sulla superficie inferiore e cellule del mesofillo disposte appressate (mesofilo a palizzata) o meno appressate (mesofilo lacunoso).
10. Le foglie delle monocotiledoni hanno una nervatura centrale affiancata da altri fasci vascolari di diametro generalmente inferiore, che corrono paralleli ad essa per tutta la lunghezza della foglia. I fasci vascolari sono circondati da uno strato di cellule parenchimatiche chiamato guaina del fascio; gli stomi sono distribuiti uniformemente sulla superficie fogliare inferiore e superiore e sono presenti solo cellule del mesofilo spugnoso.
11. Lo sviluppo della foglia (divisioni cellulari ed espansione cellulare) procede in maniera basipeta – dalla base – con le prime cellule completamente espanse e mature situate all'apice della foglia.
12. Le concentrazioni di auxina determina la posizione dei primordi fogliari successivi nell'apice del germoglio e nei rami in via di sviluppo.
13. L'acqua viene assorbita dal suolo dalle radici seguendo un gradiente di potenziale idrico generato dall'evapotraspirazione. L'acqua si sposta verso aree con un potenziale idrico più basso e più negativo. L'atmosfera è più secca del suolo e ha un potenziale idrico inferiore.
14. Il potenziale idrico è determinato dai seguenti parametri ed è misurato in Megapascal (MPa):

$$\psi = \psi_{\pi} + \psi_p + \psi_m \text{ con il simbolo Greco 'psi': } \psi$$

$\psi$             Potenziale idrico

$\psi_{\pi}$  Potenziale osmotico, **sempre negativo**, calcolato da:

$$\psi_{\pi} = -RTc_s,$$

dove R = costante dei gas  $8.32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , T è la temperatura assoluta in K, e  $c_s$  rappresenta la concentrazione del soluto nella soluzione in  $\text{mol L}^{-1}$

$\psi_p$  Potenziale di pressione o turgore; **può essere positivo o negativo!**

$\psi_m$  Potenziale di matrice; poco considerato nelle cellule vegetale

Usiamo più frequentemente:  $\psi = \psi_{\pi} + \psi_p$

15. Le piante in stress idrico hanno un potenziale osmotico più basso (cioè più negativo) e un potenziale meno positivo (più vicino a zero) a causa di una perdita di acqua.
16. Le piante possono regolare l'apertura degli stomi per ridurre l'evapotraspirazione. Gli stomi si aprono quando le fototropine (i recettori della luce blu) nelle cellule di guardia assorbono luce blu e segnalano l'apertura dei canali K (potassio). L'acqua segue e le cellule di guardia che diventano turgide. In condizioni di stress idrico, l'ABA dalle radici stimola la chiusura dei ai canali ionici, facendo uscire l'acqua dalle cellule. Di conseguenza le cellule di guardia si afflosciano e gli stomi si chiudono.

### Lezione 5: Fotosintesi

1. La fotosintesi è divisa in due fasi: una fase dipendente dalla luce (fase luminosa) in cui viene assorbita la luce e vengono prodotte molecole di energia e una fase oscura in cui viene fissata la  $\text{CO}_2$  e trifosfati con l'ausilio dei composti prodotti nella fase dipendente dalla luce e liberato ossigeno.
2. La fase dipendente dalla luce, chiamata anche schema a zeta, avviene sulla membrana tilacoide dei cloroplasti dove le molecole di clorofilla sono inserite a creare complessi o antenne di raccolta della luce.
3. Nello schema a Z, una serie di reazioni di riduzione/ossidazione trasferiscono gli elettroni rilasciati dalla scissione dell'acqua dal Fotosistema II a diversi accettori di elettroni in seguito all'eccitazione del centro di reazione PSII mediante luce rossa. Da lì, l'elettrone viene trasferito al plastochinone, che riduce il citocromo b6f seguito dalla plastocianina prima che il suo potere riducente venga rafforzato dall'assorbimento della luce FR a PSI. Il centro di reazione del PSI trasferisce l'elettrone alla Ferrodossina che riduce  $\text{NADP}^+$  a  $\text{NADPH}$ .
4. I protoni rilasciati quando l'acqua viene scissa generano un gradiente elettrochimico (alta concentrazione di  $\text{H}^+$  nel lume, bassa concentrazione di  $\text{H}^+$  nello stroma) e guidano la formazione di ATP attraverso l'ATP sintasi nella membrana tilacoide.
5. Per ridurre al minimo i danni dovuti alla luce ad alta intensità, le foglie possono sviluppare più strati e cellule a palizzata più lunghe per aiutare a dissipare la luce; inoltre i cloroplasti migrano verso i bordi verticali delle cellule per prevenire l'esposizione

diretta. Nel caso di scarsa luminosità, per massimizzare l'esposizione alla luce, le foglie sono più grandi e più sottili e i cloroplasti sono localizzati ai lati esposti alla luce delle cellule del mesofillo.

6. La fase oscura, il ciclo di Calvin-Benson, avviene nello stroma dei cloroplasti nelle piante C<sub>3</sub>, e consiste in tre fasi: **fissazione** della CO<sub>2</sub>, **riduzione** del 3-fosfoglicerato a G3P e **rigenerazione** del substrato RuBP.
7. La CO<sub>2</sub> viene fissata a RuBP, una molecola di zucchero a 5 atomi di carbonio con l'aiuto di Rubisco per formare 3-fosfoglicerato.
8. Il 3-fosfoglicerato viene fosforilato e ridotto a G3P in una serie di reazioni che consuma NADPH e ATP dalle reazioni alla luce.
9. Delle 6 molecole di G3P formate da 3 molecole di CO<sub>2</sub>, 1 viene convertita in triosio fosfati che poi diventano glucosio, saccarosio e amido. Le altre 5 rimangono nel ciclo per rigenerare la molecola RuBP a 5 atomi di carbonio iniziale.
10. Gli stomi regolano l'ingresso di CO<sub>2</sub> e l'uscita di H<sub>2</sub>O, due componenti cruciali delle reazioni nella fotosintesi.
11. La disponibilità di azoto può limitare la fissazione della CO<sub>2</sub> attraverso limitazioni nella sintesi della RUBISCO.
12. Rubisco ha una doppia affinità per CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>. La fotorespirazione avviene quando la Rubisco fissa O<sub>2</sub> invece di CO<sub>2</sub>, producendo CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> e 2-fosfoglicolato.
13. La fotorespirazione è più probabile che si verifichi con alte temperature dell'aria e in condizioni di stress idrico, il che rende più probabile che la concentrazione di O<sub>2</sub> sia superiore alle concentrazioni di CO<sub>2</sub> nelle foglie.
14. Le piante C<sub>4</sub> evitano la fotorespirazione modificando la posizione della fissazione della CO<sub>2</sub> da parte di Rubisco attraverso l'anatomia di Kranz. La CO<sub>2</sub> viene fissata nello stroma dalla PEP carbossilasi per formare una molecola 4-C chiamata malato. Il malato viene trasportato alle cellule della guaina del fascio dove viene riconvertito in CO<sub>2</sub> e fissato da Rubisco.
15. Le piante CAM evitano la fotorespirazione modificando i tempi di fissazione della CO<sub>2</sub>. La CO<sub>2</sub> entra nelle foglie di notte quando gli stomi sono aperti e viene fissata dalla PEP-carbossilasi nel malato. Il malato viene trasferito nel vacuolo, dove viene immagazzinato prima di essere rilasciato e riconvertito in CO<sub>2</sub> durante il giorno per essere fissato da Rubisco nello stroma.
16. Studiare il grafico sull'ultima diapositiva in quanto è un riassunto e un confronto molto utile sulla fissazione del carbonio C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e CAM.

### **Lezione 6: Il traslocazione degli zuccheri e respirazione**

1. Il trasporto a lunga distanza degli zuccheri nelle piante avviene attraverso i tubi cribosi e le cellule compagne del floema.
2. Il trasporto avviene dai tessuti di 'source' (tessuti fotosintetizzanti o di stoccaggio) ai tessuti 'sink' (tessuti in via di sviluppo o non fotosintetizzanti). Source e sink possono cambiare a seconda della stagione e della maturazione dei tessuti.
3. Il movimento degli zuccheri nel floema può essere descritto dal meccanismo del flusso di massa: gli zuccheri vengono attivamente caricati nelle cellule compagne e nei tubi cribosi (richiede ATP) contro un gradiente di concentrazione (la concentrazione degli

zuccheri è già maggiore nel floema rispetto a quella dei tessuti di origine). L'acqua segue il suo gradiente di concentrazione aumentando la pressione (turgore) mentre fluisce nelle cellule floema e sposta lo zucchero verso gli altri dove viene scaricato. L'acqua ritorna nello xilema seguendo il suo gradiente di potenziale idrico, con potenziali osmotici e pressori riportati a valori prossimi allo zero.

4. Il movimento apoplastico richiede ai trasportatori di caricare gli zuccheri nel simplasto: il cotrasportatore H<sup>+</sup>-saccarosio è guidato da un gradiente elettrochimico di H<sup>+</sup> stabilito da una pompa protonica (consuma ATP!).
5. La respirazione fornisce i materiali (energia) necessari per il mantenimento dei processi cellulari e della crescita.
6. I principali prodotti della respirazione sono ATP, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Altri prodotti intermedi vengono utilizzati in modo intercambiabile in tutto il metabolismo cellulare.
7. La respirazione è la degradazione di glucosio, saccarosio, triosi fosfati e l'immagazzinamento dell'energia in ADP fosforilato = ATP. O<sub>2</sub> è l'accettore di elettroni nella respirazione.
8. Ci sono 4 tipi di respirazione:
  - a. Respirazione aerobica – che richiede ossigeno
  - b. Via del pentoso fosfato
  - c. Respirazione dei lipidi
  - d. Respirazione anaerobica
9. La respirazione aerobica consiste di tre fasi:
  - a. Fase 1: La glicolisi, che avviene nel citosol, scompone i substrati zuccherini in triosi fosfati per produrre ATP e acidi organici che entrano nella fase 2.
  - b. Fase 2: Il ciclo di Krebs, che si verifica nei mitocondri, converte gli acidi organici in CO<sub>2</sub> e rilascia NADH e FADH<sub>2</sub> per la fase 3.
  - c. Fase 3: Fosforilazione ossidativa – Una catena dei trasporti di elettroni. Implica l'ossidazione di NADH e FADH<sub>2</sub> con O<sub>2</sub> come accettore finale di elettroni e una notevole produzione di ATP.
10. La via pentoso fosfato si verifica nei cloroplasti e nel citosol e la conversione di glucosio e trioso fosfati a eritrosio e ribosio per i composti fenolici ed i pigmenti. Viene la produzione di CO<sub>2</sub> e NADPH.
11. Respirazione dei lipidi – la degradazione dei lipidi (i trigliceridi) nel gliossisoma e mitocondrio per la formazione di malato, la molecola che entra glicogenesi e produce i carboidrati. Importante fonte di energia nei semi.
12. Respirazione anaerobica – respirazione senza ossigeno: fermentazione! Ci sono due vie – lattica, dove è prodotto il lattato, e la via alcolica dove viene prodotto etanolo.

### **Lezione 7: Nutrizione minerali ed il ciclo dell'azoto**

1. Le piante hanno bisogno di 13 elementi minerali essenziali dal suolo: 6 macronutrienti e 7 micronutrienti:
  - a. Macronutrienti: azoto, fosforo, potassio, magnesio, calcio, zolfo; sono necessari in grande quantità
  - b. Micronutrienti: ferro, cloro, rame, manganese, zinco, molibdeno, boro; sono necessari in piccole quantità.

2. Sono divisi in quattro gruppi sulla base del loro ruolo nelle piante:
  - a. Fanno parte dei composti organici: azoto(N) e zolfo (S)
  - b. Riserva di energia e integrità strutturale: fosforo (P) e boro (B)
  - c. Rimangono sotto forma ionica: calcio (Ca), magnesio (Mg), potassio (K), cloro (Cl), manganese (Mn)
  - d. Nutrienti nelle reazioni redox: ferro (Fe), zinco (Zn), rame (Cu), molibdeno (Mo)
3. La mobilità è chiave per distinguere fra i sintomi di carenza – per esempio, gli elementi mobili (N, K, Mg, P, Cl, Zn e Mo) possono essere mobilizzati verso i tessuti più giovani. Sintomi da carenza: clorosi e necrosi prima nelle foglie vecchie poi in quelle più giovani.
4. Le particelle del suolo sono caricate negative ed i cationi sono ad esse legati in un ordine di precedenza:  
 $Al > H > Ca > Mg > K > NH_4 > Na$   
 I protoni ( $H^+$ ) che vengono dalla formazione di carbonato quando la  $CO_2$  è rilasciata in soluzione e si scioglie in acqua, sostituiscono i cationi sulle particelle. I cationi diventano disponibili e possono essere assorbiti dalle radici.
5. pH, la percentuale di argilla, limo, sabbia e la sostanza organica possono influenzare la disponibilità dei nutrienti.
6. I nutrienti vengono assorbiti dai peli radicali e si spostano attraverso la corteccia radicale verso il sistema vascolare sia per via simplastica che per via apoplastica. Per attraversare la banda di Caspary nell'endoderme gli ioni devono entrare nel simplasto tramite canali o cotrasportatori coadiuvati dalla produzione attiva (che richiede ATP) di un gradiente elettrochimico per i protoni.
7. Il nitrato e l'ammonio vengono assorbiti dalle radici dal terreno, ma c'è molta competizione per queste fonti di azoto, che spesso porta a condizioni carenza di N.
8. Il nitrato viene ridotto a nitrito tramite nitrato riduttasi nelle radici e rimane lì o viene indirizzato verso i germogli. In entrambi i casi, viene convertito in  $NH_4^+$ , ammonio, per l'assimilazione come amminoacidi.
9. Una fonte significativa di azoto per le piante deriva dalla fissazione dell'azoto atmosferico (N) da parte dei batteri che fissano l'azoto in simbiosi con le radici delle piante.
10. L'enzima coinvolto, l'azoto reduttasi, è sensibile all'ossigeno. La sua attività è inibita ed è irreversibilmente danneggiata dall' $O_2$ . Quindi la fissazione di  $N_2$  richiede condizioni anaerobiche. Ciò si ottiene nei noduli formati sulle radici delle piante ospiti e dove si trova la leghemoglobina, una proteina legante l' $O_2$ , e i batteri, come il *Rhizobium*, vivono e fissano l' $N_2$ .
11. Azotofissazione richiede energia (ATP) ma meno della produzione industriale;  $NH_3$  viene prodotto a partire da  $N_2$ .  $NH_3$  si scioglie in acqua e diventa  $NH_4$ .
12. In condizioni di carenza di N i segnali chimici vengono inviati e ricevuti fra le piante ed i batteri nel suolo. Una volta che i batteri si aggregano sulla superficie dei peli radicali, i fattori Nod prodotti dai batteri degradano la parete cellulare e si sviluppa un nodulo all'interno della corteccia della radice.
13. La nitrogenasi è un complesso proteico – Fe e MoFe – che viene ridotto e cambia conformazione a causa del legame con ATP. Fe riduce MoFe che a sua volta riduce  $N_2$  a  $NH_3$ .



## **Lezione 8: Fosforo, agricoltura idroponica e salinità**

1. Il fosfato è un altro nutriente che può essere limitato nel terreno e limitare la crescita delle piante. La disponibilità di fosfato è un processo complesso che dipende dai tassi di attività della comunità microbica e dalle proprietà del suolo come la capacità di scambio cationico.
2. Le endomicorrize e le ectomicorrize sono altamente efficienti nell'aumentare la disponibilità di fosfato nel suolo attraverso una maggiore mineralizzazione e un aumento della superficie delle radici colonizzandole fisicamente con una rete di ife.
3. Le micorrize colonizzano le radici di molte specie vegetali e hanno una relazione simbiotica benefica: le piante forniscono fotosintetati ai funghi non autotrofi e le micorrize migliorano l'accesso e l'assorbimento di acqua e nutrienti per le piante.
4. La coltivazione idroponica è uno strumento utile per indagare l'effetto di nutrienti minerali in eccesso o carenza. Spesso implica l'uso di soluzioni di crescita scientificamente elaborate e richiede ossigeno per le radici per la respirazione.
5. L'idroponica può essere una tecnica adatta per aumentare la produzione alimentare in condizioni controllate e apre la possibilità di utilizzare colture e fonti idriche alternative.
6. Una possibile alternativa all'acqua dolce per l'agricoltura è una miscela di acqua di mare e acqua dolce, e la coltivazione di specie tolleranti al sale commestibili o la coltivazione di specie tolleranti al sale con specie sensibili al sale (consociazione).
7. Il sale, come NaCl, è generalmente tossico per le piante causando ingenti danni attraverso la competizione per l'assorbimento del K<sup>+</sup> e l'abscissione delle foglie. Alcune specie sono poco tolleranti, come le glicofite e altre, molto tolleranti, come le alofite.
8. La tolleranza all'eccesso di Na implica spesso meccanismi fisici di aumento del sequestro di Na nei vacuoli, e nelle ghiandole saline specializzate nello strato epidermico, e meccanismi chimici come la produzione di soluti compatibili e la detossicazione dei ROS.
9. La ricerca attuale sta studiando il potenziale per l'utilizzo di terreni marginali come le acque salmastre per la produzione di alofite commestibili e l'utilizzo di miscele di acqua di mare/acqua dolce nella coltivazione idroponica.

## **Lezione 9: Fisiologia di fitoremedio**

1. La quantità di superficie contaminata da metalli pesanti, idrocarburi e altri rifiuti industriali aumenta ogni anno su scala globale. Questa terra ha bisogno di essere bonificata per la sicurezza dell'uomo e dell'ambiente.
2. Alcune specie vegetali sono naturalmente tolleranti agli accumuli di contaminanti tossici e possono essere utilizzate nella fitoremedio.
3. Il mezzo più efficiente di fitoremedio è la fitoestrazione: l'assorbimento e l'accumulo di contaminanti nei tessuti vegetali raccogliibili.
4. Il salice e il pioppo sono particolarmente efficaci nella fitoremedio grazie alla loro tolleranza generale ai contaminanti industriali più comuni, ai loro rapidi tassi di produzione di biomassa e alla durata delle singole piante per più stagioni attraverso la ceduzione (raccolta di tessuti fuori terra).