

1. Principali tipi di simbiosi radicali osservati durante il laboratorio di ecologia vegetale

Durante il laboratorio di ecologia vegetale, nelle radici delle piante sono stati osservati principalmente due grandi tipi di simbiosi radicali: le micorrize e le simbiosi azotofissatrici, entrambe fondamentali per il funzionamento degli ecosistemi terrestri e per la nutrizione delle piante.

Le micorrize sono associazioni mutualistiche tra funghi del suolo e radici delle piante. In particolare, si distinguono ectomicorrize ed endomicorrize arbuscolari. Le ectomicorrize, tipiche di molte specie arboree forestali, sono caratterizzate dalla formazione di un manicotto fungino che avvolge la radice e da una rete di ife che penetra negli spazi intercellulari della corteccia (rete di Hartig), senza entrare nelle cellule. Le endomicorrize arbuscolari, invece, molto diffuse nelle piante erbacee e coltivate, presentano strutture intracellulari specializzate come arbuscoli, sede degli scambi metabolici, e vescicole, con funzione di riserva.

Questi simbionti fungini influenzano profondamente la crescita della pianta ospite aumentando la superficie assorbente dell'apparato radicale. Ciò consente una maggiore acquisizione di nutrienti poco mobili nel suolo, in particolare fosforo, ma anche azoto, micronutrienti e acqua. In cambio, il fungo riceve carboidrati prodotti dalla fotosintesi. A livello del suolo, le micorrize migliorano la struttura degli aggregati, favoriscono la stabilità del suolo e ne aumentano la capacità di ritenzione idrica, influenzando positivamente la dinamica microbica.

Il secondo grande tipo di simbiosi osservato è rappresentato dalle simbiosi azotofissatrici, che coinvolgono batteri capaci di fissare l'azoto atmosferico. Nei legumi, batteri del genere *Rhizobium* inducono la formazione di noduli radicali, all'interno dei quali l'azoto molecolare viene ridotto ad ammonio grazie all'enzima nitrogenasi. Questo azoto diventa direttamente disponibile per la pianta e, indirettamente, arricchisce il suolo.

Nel complesso, le simbiosi radicali aumentano la fitness delle piante, favoriscono la colonizzazione di ambienti poveri di nutrienti, regolano i cicli biogeochimici e contribuiscono alla stabilità e alla funzionalità degli ecosistemi vegetali.

2. Caratteristiche morfologiche adattative e ciclo di vita delle specie che vivono in climi freddi sopra la timberline

Le specie vegetali che vivono in climi freddi al di sopra della timberline sono sottoposte a condizioni ambientali particolarmente selettive, caratterizzate da basse temperature, forti venti, elevata radiazione solare, suoli poco sviluppati e una stagione vegetativa molto breve. Per sopravvivere in questi ambienti, le piante hanno evoluto specifici adattamenti morfologici e strategie di ciclo vitale.

Dal punto di vista morfologico, uno degli adattamenti più evidenti è la riduzione della statura. Molte specie presentano un portamento nanizzato, prostrato o a cuscinetto, che consente di

ridurre l'esposizione al vento, limitare la dispersione di calore e creare un microclima più favorevole vicino al suolo. Le foglie sono spesso piccole, spesse e coriacee, con una cuticola ben sviluppata che riduce la perdita d'acqua e protegge dai danni meccanici e dal gelo. In molte specie sono presenti peli fogliari che svolgono una funzione isolante e schermano l'eccessiva radiazione solare. È frequente anche la presenza di pigmenti antocianici, che contribuiscono alla protezione dai raggi UV.

Un altro adattamento rilevante è lo sviluppo di organi sotterranei come rizomi, bulbi o radici ispessite, che permettono l'accumulo di riserve e garantiscono la sopravvivenza durante l'inverno, quando la parte aerea può disseccarsi o essere danneggiata dal gelo.

Per quanto riguarda il ciclo di vita, nelle specie sopra la timberline prevalgono nettamente le piante perenni. Questa strategia è vantaggiosa perché consente di evitare il rischio legato al completamento dell'intero ciclo vitale in una sola stagione vegetativa, spesso troppo breve e imprevedibile. Le piante perenni possono riprendere rapidamente la crescita all'inizio della stagione favorevole, sfruttando le riserve accumulate. Le specie annue sono rare, mentre le bienni sono presenti solo in casi limitati.

Dal punto di vista riproduttivo, la fioritura è spesso rapida e sincronizzata, e la produzione di semi avviene in tempi brevi. Nel complesso, l'insieme di adattamenti morfologici e strategie di ciclo vitale consente alle piante alpine di sopravvivere, crescere e riprodursi in ambienti estremi, dove le risorse sono limitate e la finestra ecologica è molto ristretta.

3. Diagramma ombrotermico di Walter e Lieth: costruzione e applicazioni allo studio della vegetazione

Il diagramma ombrotermico di Walter e Lieth è uno strumento grafico fondamentale in ecologia e biogeografia vegetale, utilizzato per rappresentare sinteticamente l'andamento climatico annuale di una località e per interpretarne le implicazioni sulla distribuzione e sul funzionamento della vegetazione. Esso mette in relazione le temperature medie mensili e le precipitazioni medie mensili, consentendo di individuare periodi di aridità o di surplus idrico.

La costruzione del diagramma prevede sull'asse delle ascisse i dodici mesi dell'anno, mentre sull'asse delle ordinate vengono riportati sia i valori di temperatura (in °C) sia quelli di precipitazione (in mm), secondo una scala convenzionale che stabilisce un rapporto fisso tra i due parametri: 10 mm di precipitazione corrispondono a 1 °C. La temperatura è rappresentata mediante una linea continua, mentre le precipitazioni sono indicate con barre verticali.

Un elemento centrale del diagramma è l'individuazione dei periodi aridi, che si verificano quando la curva delle precipitazioni si colloca al di sotto di quella delle temperature, cioè quando $P < 2T$. In queste condizioni, l'evapotraspirazione potenziale supera l'apporto idrico, determinando uno stress idrico per la vegetazione. Al contrario, quando le precipitazioni superano la soglia, il periodo è definito umido. Nei diagrammi è spesso indicata anche la presenza di mesi con temperatura inferiore a 0 °C, che segnalano periodi di gelo con importanti implicazioni ecologiche.