

LE MICORRIZE DELLE PIANTE FORESTALI

Le piante che compongono le nostre foreste hanno, comunemente, le terminazioni assorbenti dell'apparato radicale invase da funghi non patogeni, capaci di contrarre con l'ospite singolari rapporti. Una osservazione accurata rivela, in questi apici radicali, un aspetto particolare: si notano infatti ingrossamenti terminali, assenza di peli radicali e divisioni ripetute, a cui consegue una struttura simile a quella di un piccolo corallo.

Nel 1885 il FRANK chiamò queste strutture col nome di «micorrize», letteralmente «fungo-radice», per indicare l'infungamento, da parte dei funghi non patogeni, delle radici delle piante.

I rapporti che si instaurano tra fungo e ospite sono essenzialmente di carattere nutritivo. Alla base di tali rapporti sono necessariamente strutture specializzate che possono essere riunite in due grandi gruppi: abbiamo così micorrize ectotrofiche e micorrize endotrofiche.

Le micorrize ectotrofiche sono prodotte prevalentemente da Basidiomiceti e cioè dal micelio di numerosi funghi, così detti a «cappello», che tanto frequentemente compaiono nei nostri boschi. Le ife di questi funghi ricoprono gli apici radicali con una sorta di mantello, la micoclene; un vero e proprio tessuto fitto e consistente. Da questo mantello partono elementi miceliari che si insinuano negli spazi intercellulari del tessuto corticale dello ospite, senza però penetrare nell'interno delle cellule e senza interessare i meristemi preposti all'allungamento dell'apice e i tessuti vascolari. Per effetto di par-

ticolari sostanze, tra le quali l'acido indolacetico, la cui origine nella formazione micorrizica è ancora assai controversa, l'apice ramifica ripetutamente, offrendo così una maggiore superficie all'invasione del fungo e conferendo alla micorriza l'aspetto coralloide su menzionato.

Le micorrize ectotrofiche sono comuni nella maggior parte delle latifoglie.

A differenza delle ectotrofiche, le micorrize endotrofiche sono prodotte da funghi Ficomiceti, particolarmente appartenenti al genere *Endogone*. Le ife del simbiote non formano un rivestimento attorno all'apice, ma penetrano direttamente nell'ospite attraverso i peli radicali. Anche in questa forma micorrizica il simbiote interessa solo il tessuto corticale della radice.

Le micorrize endotrofiche sono comuni nella maggior parte delle piante annuali; con la loro presenza però caratterizzano talvolta particolari stadi di sviluppo delle latifoglie.

Fin dal 1885 FRANK suppose un importante ruolo del fungo micorrizogeno nello assorbimento dell'acqua e dei nutrimenti da parte delle piante. La sua ipotesi destò inizialmente numerose discussioni. Diversi ricercatori considerarono la micorriza una associazione senza alcuna importanza per le piante e giunsero fino a considerare il fungo come un debole parassita. Successivi studi, eseguiti sullo sviluppo delle orchidee, misero in luce la costante presenza di funghi micorrizogeni in quasi tutte le specie di orchidee, i cui semi,



1) Carpofo di *Amanita pantherina*, uno dei più frequenti micorrizogeni dei nostri boschi.

era da tempo noto, germinano solo in presenza di particolari funghi.

Nel 1921 MELIN, adottando nuove tecniche di studio, iniziò importanti ricerche sulla fisiologia delle micorrize. In condizioni accuratamente controllate, egli riuscì a determinare l'identità di alcuni funghi capaci di formare micorrize. Stabilì le necessità nutrizionali dei funghi micorrizogeni e studiò le loro relazioni con le radici delle piante.

Successivamente, lo stesso Autore, con l'aiuto degli isotopi radioattivi, definì in modo incontestabile, la responsabilità dei funghi micorrizogeni nell'assorbimento dei nutrimenti del suolo e il passaggio di questi ultimi nei tessuti radicali, in proporzione assai più elevata del quantitativo normalmente assorbito dai peli radicali. Ancora MELIN e Collaboratori accertarono la capacità della pianta di alimentare il fungo micorrizogeno con idrati di carbonio appositamente accumulati nelle radici.

Veniva così stabilito, in modo inequi-

vocabile, il carattere mutualistico della simbiosi micorrizica.

Dal 1921, anno in cui MELIN, con le sue classiche ricerche, portò un così valido contributo alla conoscenza della micorrizia, numerosi studiosi hanno continuato le ricerche nell'intento di chiarire i diversi aspetti del problema, riservando però particolare attenzione al ruolo delle micorrize nell'assorbimento minerale. Oggi è universalmente riconosciuta la maggiore efficienza delle radichette micorrizzate nell'assorbimento dei nutrimenti del suolo. HATCH negli Stati Uniti, ha riscontrato, in piantine di abete bianco, coltivate in terreni agrari e inoculate con funghi micorrizogeni, l'86% in più di azoto, il 30% in più di fosforo, il 75% in più di potassio, nei confronti con le stesse piantine non inoculate. L'Autore attribuisce questa maggiore efficienza alla superficie assorbente considerevolmente più estesa in seguito al rigonfiamento e alla ramificazione abbondante delle radichette micor-



2) Radichette secondarie micorrizzate di *Pinus radiata*; sono visibili apici ripetutamente divisi, fino ad assumere una struttura parzialmente coralloide.

rizate e alla diffusa trama miceliare che dal mantello fungino si estende nel terreno circostante.

Ricerche condotte sulle cause che inducono i noti cambiamenti morfologici nelle radichette micorrizzate, hanno messo in luce un'altra insospettata proprietà del fungo simbiote. Il micorrizogeno infatti è in grado di fornire alla pianta non solo i nutrimenti assorbiti dal terreno, ma anche i prodotti del suo metabolismo e, tra questi, come già è stato precedentemente precisato, anche auxine. Tali auxine, tra le quali probabilmente si annovera l'acido indolacetico, vengono cedute alle radichette micorrizzate, ove esercitano un importante ruolo dando origine alla struttura morfologica, con rigonfiamenti e ramificazioni, tipica delle micorrizze ectotrofiche. In ultima analisi quindi, i metaboliti fungini sono responsabili nell'aumento della superficie assorbente delle radici. Recentemente, in seguito a studi sul movimento delle auxine nelle radici

di alcune piante forestali, è stato possibile riprodurre in vitro la struttura normalmente indotta dalle micorrizze, con l'impiego di auxine sintetiche. E' stata anche accertata una stretta correlazione tra concentrazione auxinica nelle radici e sviluppo di radici lunghe e corte laterali in grado di essere invase dai simbionti fungini. Una concentrazione auxinica bassa stimola l'allungamento delle radici lunghe come di quelle laterali corte, mentre una concentrazione auxinica più elevata favorisce lo sviluppo di radici laterali e corte.

Anche se le ricerche su questo argomento sono numerose, i rapporti tra i due simbionti, pianta e fungo, sono ancora ben lungi dall'essere chiari e definiti nella loro intima essenza. Rimane però accertata la necessità della simbiosi micorrizica per lo sviluppo delle piante. La sua importanza è tanto più grande per le nazioni che hanno una economia prevalentemente forestale. In questi paesi infatti considerevole attenzione è stata riservata alle

applicazioni pratiche concernenti la micorrizica e, in particolare, sono state allestite tecniche per l'inoculazione dei vivaî con funghi micorrizogeni selezionati e previamente cresciuti in coltura pura.

Anche in Italia sta entrando nell'uso della comune tecnica forestale l'inoculazione micorrizica. La pratica è per noi utile e necessaria, perché non sempre si verificano nei nostri terreni le condizioni ideali per un buon infungamento naturale delle radici, o per mancanza nel terreno del simbiote, o perché l'ambiente pedologico è tale da impedire l'ulteriore sviluppo delle micorrize già esistenti nelle piantine messe a dimora.

Condizioni purtroppo tanto frequenti nei terreni agrari abbandonati del nostro Appennino, che si vogliono destinare a bosco. In Italia siamo ancora sprovvisti di centri preposti alla produzione di funghi selezionati e adatti per ogni specie vegetale e ambiente ecologico. A questa mancanza, per la quale si dovrà provvedere in un prossimo futuro, si può supplire procedendo con altri metodi di inoculazione, per esempio mescolando al terriccio del vivaio, terriccio micorrizzato proveniente da soprassuoli di boschi adulti della stessa specie forestale. E' assolutamente necessario che tale terriccio provenga da boschi adulti, perché in questo modo l'inoculazione sostituisce ai simbioti così detti giovanili e quasi sempre presenti nelle piantine, il simbiote presente normalmente sulle piante adulte. La forma micorrizica che ne deriva è stabile e accompagna la pianta per tutto il resto della vita, ed è costituita dal simbiote più efficiente per le necessità nutrizionali della pianta stessa. Le piantine così preparate, sono pronte per essere messe a dimora. Ma anche a questo punto è opportuno aggiungere attorno all'apparato radicale un po' di terriccio micorrizzato, per garantire un buon adattamento delle micorrize al nuovo ambiente, talvolta notevolmente diverso da quello precedente.

L'inoculazione micorrizica è quindi pratica facile e di non laboriosa applicazione e, soprattutto, è consigliabile per gli otti-

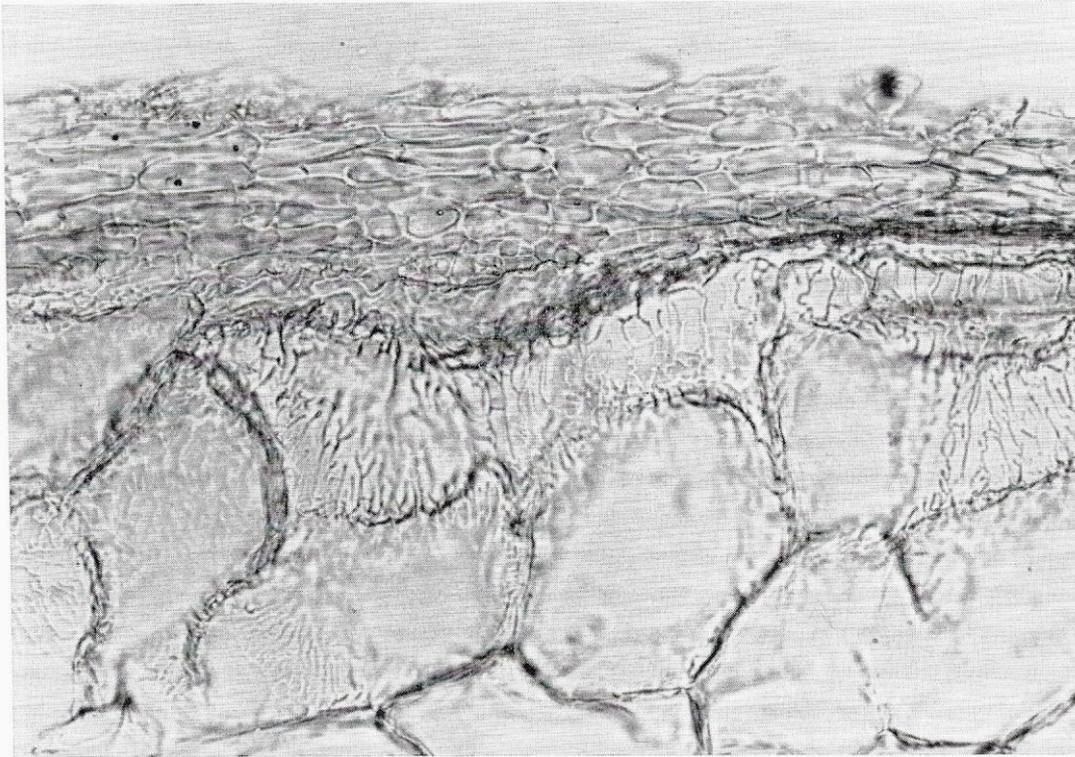
mi risultati che comporta. Senza l'inoculazione micorrizica le piante messe a dimora, specialmente nei terreni ex agrari, incontrano difficoltà anche notevoli di adattamento al nuovo ambiente. La forma micorrizica propria della pianta adulta, con il solo inoculo naturale, tarda ad insediarsi e le piante subiscono un rallentamento nello sviluppo.

Tuttavia non bisogna dimenticare che per ottenere il massimo beneficio a favore delle piante è necessario raggiungere una buona conoscenza dei fenomeni relativi alla simbiosi micorrizica e per questo le applicazioni pratiche devono essere precedute da ricerche di base, specialmente sulla fisiologia delle relazioni pianta-simbiote e sui fenomeni relativi ai meccanismi che danno inizio alla simbiosi. A questo proposito molto è stato fatto e la teoria dei carboidrati di BJORKMAN è quella che trova più credito, anche se numerosi ricercatori la pongono ancora in dubbio. Secondo BJORKMAN il fungo simbiote trova la sua sorgente di carbonio nelle radichette dell'ospite, ed è appunto l'accumulo di idrati di carbonio negli apici radicali il fattore, sempre secondo il suddetto Autore, che stimola la formazione micorrizica.

Una critica a questa teoria è stata mossa da HARLEY, che ritiene il simbiote incapace di prevedere, in altri termini di individuare da lontano, un eventuale accumulo di idrati di carbonio nelle radichette.

MELIN e NILSSON (1957) hanno però portato un valido appoggio alla teoria di BJORKMAN, somministrando $C^{14}O_2$ all'apparato aereo in attiva fotosintesi di giovani conifere e constatando la radioattività nella micoclona solo dopo 5 ore.

HANDLEY e SANDERS (1962) hanno dato una interpretazione assai diversa alla teoria di BJORKMAN. Essi sostengono che l'accumulo di idrati di carbonio negli apici radicali, è fenomeno conseguente la formazione micorrizica e non la causa. Naturalmente una tale interpretazione non poteva non suscitare ed accendere ancora di più l'interesse dei ricercatori. Ma recenti risultati conseguiti da FOSTER e MARKS (1966) in Australia, hanno definitivamente



3) Sezione longitudinale di un apice micorrizzato di *Pinus radiata*. È visibile la micoclena (esternamente) e la penetrazione del micelio negli spazi intercellulari.

chiarito l'argomento. Con l'aiuto del microscopio elettronico, i suddetti Autori, hanno individuato in cellule non ancora interessate dalla micorrizia, amiloplastidi ripieni di amido, che al contrario mancano in cellule permeate dal simbionte, mentre le cellule fungine di quest'ultimo sono risultate ripiene di glicogeno. L'amido degli amiloplastidi quindi verrebbe assimilato, e trasformato in glicogeno, dal simbionte micorrizogeno. Gli stessi Autori hanno riscontrato un contenuto in glicogeno assai più elevato nelle cellule fungine interne della micorriza, mentre tale contenuto diminuirebbe passando alle cellule più esterne fino a quelle della micoclena.

La teoria di BJORKMAN sembra quindi incontestabile. Assai più complesso è invece il meccanismo che dà inizio alla relazione simbiotica, ancora oggi tutt'altro che chiaro. Come può il fungo simbionte, che si suppone presente nel terreno, prevedere o meno la presenza di idrati di carbonio negli apici radicali? Perché si svilup-

pa infallibilmente verso un apice ricco di idrati di carbonio? Una spiegazione potrebbe forse essere ricercata nella composizione degli essudati radicali. Recenti ricerche, condotte su giovani conifere, hanno messo in luce la produzione di ben 55 sostanze organiche, essudate in una settimana. Tra queste sostanze sono risultati zuccheri, aminoacidi e acidi organici. La maggior parte dei ricercatori oggi ritiene i metaboliti essudati dalle piante di una composizione tale da stimolare la crescita del simbionte verso gli apici radicali e la loro successiva invasione. Secondo MELIN (1957) le radici producono almeno un metabolita che stimola efficacemente lo sviluppo dei funghi micorrizogeni. Questo fattore detto da MELIN «fattore M», non è stato ancora identificato.

Per avere una risposta ai quesiti su esposti l'attenzione degli studiosi si è rivolta anche all'attività enzimatica dei simbionti. I funghi capaci di produrre micorrize ectotrofiche ed ectendotrofiche entra-

no negli spazi intercellulari dell'ospite dissolvendo la lamella mediana con la produzione di enzimi pectinolitici. Ma nel terreno esistono numerosi funghi, inclusi i patogeni, capaci di produrre pectinasi, che generalmente non sono in grado di penetrare le radici delle piante, anche in condizioni favorevoli alla penetrazione micorrizica. L'argomento merita quindi ulteriori studi e conferma.

Le notizie che abbiamo raccolto ed esposto in queste brevi pagine, sono solo un rapido riassunto delle conoscenze, oggi di nostro dominio, sulla simbiosi micorrizica. Le micorrize costituiscono un argomento veramente appassionante per il ricercatore, perché composto da aspetti mol-

teplici ma intimamente connessi l'uno con l'altro e dove più elementi, pianta, fungo, fattori ambientali e climatici, giocano tutti un ruolo di primaria importanza.

La diligenza con cui sono state condotte le ricerche ha consentito la conquista di mete insperate nella complessità del fenomeno simbiotico. Ma molto resta ancora da fare; specialmente in Italia, dove problemi di rimboschimento si affacciano quasi improvvisamente alla ribalta. La conoscenza dei rapporti simbiotici e la padronanza delle tecniche di inoculazione micorrizica sono elementi indispensabili per una soluzione, oltretutto più rapida, di questi problemi forestali, di vitale importanza per la nostra futura economia.