



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AMBIENTALI

SVILUPPO AEREO E RADICALE DI  
*Q. ilex* MICORRIZATO IN VIVAIO

SHOOT AND ROOT GROWTH OF MYCORRHIZED  
*Q. ilex* IN NURSERY

TIPO TESI: Sperimentale

Studente:  
STEFANO TOSETTO

Relatore:  
PROF. DAVIDE NERI

Correlatore:  
DOTT. VERONICA GIORGI

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

Per la mia famiglia.  
Allo zio Edo.  
E a chi mi ha accompagnato lungo la strada,  
consapevolmente o meno,  
pur percorrendone un'altra.

## RINGRAZIAMENTI

In primo luogo, si desidera ringraziare il relatore Prof. Davide Neri e la correlatrice Dott.ssa Veronica Giorgi per il loro puntuale e instancabile lavoro e per la loro preziosa guida in tutte le fasi dello studio. Inoltre, si ringrazia il Dott. Cristiano Peroni per l'assistenza e disponibilità in più fasi fondamentali. Infine, desidero ringraziare il Dott. Matteo Zucchini, l'Ing. Monica Pantaloni, il Dott. Arash Kaosravi, il Dott. Ivan Castelli e la Dott.ssa Francesca Straccia per il loro lavoro, consigli e aiuto. Anche se può sembrare un semplice elenco, ognuno di loro ha dato il proprio apporto, unico e personale. Il lavoro svolto in collaborazione e a contatto di questo nutrito gruppo mi ha permesso di sviluppare al meglio questa tesi, nonché di acquisire una serie di conoscenze trasversali che si sono già rivelate e che sono sicuro saranno preziose nei tempi avvenire. Lavorare in questo gruppo è stata un'esperienza preziosa e stimolante per molti motivi, e ritengo che sia stata una tappa fondamentale qualunque sia la direzione che prenderò in futuro. Grazie.

# SOMMARIO

PREMESSA .....	7
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE: LA MICORRIZA E LA FISIOLOGIA RADICALE.....	8
1.1 La Micorriza: una definizione .....	8
1.1.1 Il Tartufo.....	8
1.1.2 Il Tartufo: il ciclo biologico .....	10
1.2 La Fisiologia Radicale.....	12
1.2.1 L'architettura radicale .....	12
1.2.2 L'interazione con il tartufo.....	13
1.2.3 Le piante simbiote .....	13
1.2.4 La produzione di piante micorrizzate.....	15
CAPITOLO 2 OBIETTIVI .....	18
2.1 Comprendere gli effetti del substrato .....	18
2.2 Comprendere gli effetti del vaso .....	18
2.3 Comprendere le interazioni di substrato e vaso.....	18
CAPITOLO 3 MATERIALI E METODOLOGIA: SVOLGIMENTO DELLE ANALISI .....	19
3.1 Materiali .....	19
3.1.1 Piante .....	19
3.1.2 Substrati.....	19
3.1.3 Vasi.....	20
3.1.4 Setacci .....	21
3.2 Metodologia.....	22
3.2.1 Le ripetizioni .....	22
3.2.2 Procedimento.....	22
CAPITOLO 4 I RISULTATI E LA DISCUSSIONE .....	24
4.1 I Risultati .....	24
4.1.1 Accrescimento.....	24

4.1.2 Radici Assorbenti/Pioniere.....	30
4.1.3 Rapporto A/R .....	32
4.2 Discussione.....	33
4.2.1 Accrescimento .....	33
4.2.2 Radici Assorbenti/Pioniere.....	34
4.2.3 Rapporto A/R .....	34
CONCLUSIONI .....	36
BIBLIOGRAFIA.....	38



## PREMESSA

Un tartufo nero fresco è considerato una grande prelibatezza. Tuttavia, il valore che un tartufo assume non è soltanto frutto delle sue qualità organolettiche, ma anche delle difficoltà che ottenerlo comporta.

L'acquisizione di maggiori conoscenze scientifiche sulla fisiologia radicale e sulla natura degli equilibri e interazioni in azione in questo specifico ambito sono parte non soltanto degli obiettivi di questa ricerca, ma anche del progetto in cui essa si inserisce, ovvero il progetto React (finanziato dalla misura 16.1 del PRS Marche 2014-2020).

Questo progetto ha come scopo quello di approfondire le conoscenze nel campo della tartuficoltura marchigiana, necessarie per tentare di risolvere alcune criticità insite al settore stesso, la cui importanza, specialmente per alcune aree della regione, risiede nella possibilità di recuperare suoli agrari ove colture tradizionali non sono più redditizie, oltre che produrre indotto per tutta una serie di attori dello stesso.

Le difficoltà della tartuficoltura sono molte e diffuse su più livelli. Persino assicurandosi la presenza del micelio e della micorrizza a livello radicale, si devono poi garantire le condizioni perché questo produca il proprio carpoforo. Ma pur avendo parziale certezza di questi fattori in condizioni ideali, si deve poi ottenerli in campo, in condizioni per definizione non del tutto controllabili. La tessitura del suolo e la natura dei nutrienti presenti ha influenza sulla disponibilità di questi ultimi e sull'equilibrio tra macropori e micropori, che ha poi effetto sia sull'accrescimento radicale che su quello del corteo micorrizico. Si deve tenere conto delle condizioni pedoclimatiche, come l'esposizione del terreno e delle temperature che il suolo raggiunge, delle precipitazioni annue e delle temperature. Tenuto conto dei fattori ecologici e ambientali, occorre poi comprendere quali siano gli effetti di eventuali interventi agronomici e quali debbano essere gli scopi degli stessi. Ma facendo un passo indietro, si deve offrire il miglior materiale di vivaio possibile, avendo cura che la sua produzione dia piante con le migliori possibilità. Perciò sono necessarie ricerche su quali siano le migliori tecniche vivaistiche applicabili. Da qui l'obiettivo di questa tesi, indagare sugli effetti combinati e assoluti a livello radicale di tre differenti tipologie di vaso e due differenti tipi di substrato su campioni di *Q. ilex* micorrizzate allevati in vivaio.

# Capitolo 1

## INTRODUZIONE:

### LA MICORRIZA E LA FISIOLOGIA RADICALE

#### 1.1 La Micorriza: una definizione

L'agricoltura conosce e sfrutta a proprio vantaggio vari tipi di micorrize ormai da tempo. Le micorrize sono molto diffuse in natura; si tratta di un mondo caratterizzato da una vastissima diversità e processi biologici, che si svolgono tutti a livello radicale.

Esse consistono nell'interazione di entità fungine di vario tipo con l'apparato radicale dell'organismo ospite. Per questo il lemma micorriza: dal greco antico μύκης, *mykēs*, «fungo» e ρίζα, *rhiza*, «radice». Un'interazione, nella maggioranza dei casi, di tipo simbiotico e mutualistico, da cui sia il fungo in questione che la pianta superiore che fa da ospite debbono trarre beneficio. Il fungo può ottenere nutrienti provenienti dalla fotosintesi attraverso l'apparato radicale della pianta ospite, mentre può permettere alla pianta ospite di avere maggiore superficie assorbente, maggiore area esplorata e/o maggiore disponibilità di nutrienti difficili da assorbire da parte delle proprie radici.

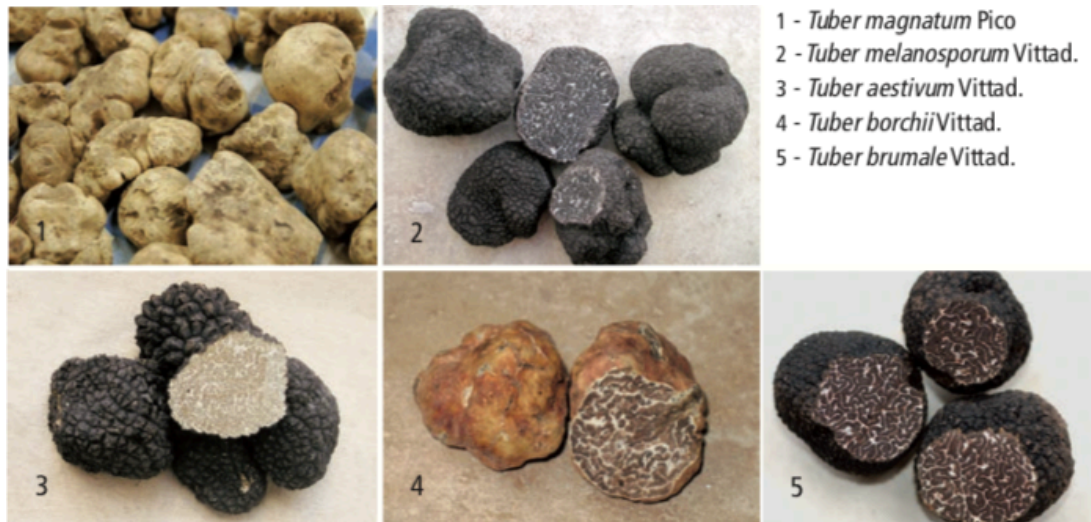
Un'utile opportunità di classificazione, benché ormai superata dal punto di vista tassonomico, è distinguere tra le endomicorrize (o micorrize endotrofiche) e le ectomicorrize (o micorrize ectotrofiche). La prima tipologia prevede che il fungo penetri all'interno della radice, mentre nel secondo caso si instaura un rapporto trofico senza che il fungo penetri all'interno delle cellule vegetali. Affinché queste interazioni avvengano il fungo può sfruttare ife fungine, oppure strutture apposite ancor più complesse, dette rizomorfe. (Zambonelli, et al., 2012)

##### 1.1.1 Il Tartufo

Quel che viene comunemente chiamato e commercializzato come tartufo è il carpoforo prodotto in determinate condizioni da parte di alcuni funghi ipogei ascomiceti del genere *Tuber*. In quest'ultimo sono comprese moltissime specie, edibili e non, e tutte le tipologie di tartufo attualmente commerciate, ovvero *T. magnatum* (il tartufo bianco pregiato), *T. melanosporum* (il tartufo nero pregiato), *T. borchii* (= *T. albidum*, il tartufo bianchetto o



marzuolo), *T. aestivum* (il tartufo estivo o scorzone anche nella forma *T. uncinatum*, denominata tartufo nero di Fragno), *T. brumale* (il tartufo nero d'inverno, anche nella varietà *moschatum* denominata tartufo nero moscato), *T. macrosporum* (il tartufo nero liscio) e *T. mesentericum* (il tartufo nero ordinario). (Zambonelli, et al., 2012)



**Figura 1: carpori delle principali specie edibili (Bencivenga, et al., 2012)**

Un elemento che ha reso difficoltoso reperire maggiori dati sul ciclo biologico di questi funghi è l'impossibilità di riprodurlo completamente in laboratorio in tutte le sue parti. Inoltre, nelle indagini svolte in campo, il grande numero di fattori coinvolti ha spesso reso complesso elaborare conoscenze approfondite (Zambonelli, et al., 2012).

I funghi del genere *Tuber* succitati producono **ectomicorrize** con alcune piante superiori in particolare. Il loro sviluppo produce modificazioni fisiologiche all'apparato radicale della pianta ospite, apprezzabili persino ad occhio nudo in alcuni casi. Infatti, le radichette colonizzate appaiono ingrossate per via della presenza del mantello fungino, o **micoclona**. La micoclona che si forma sugli apici colonizzati fa sì che assumano forma rotondeggiante più o meno sinuosa. Le ramificazioni possono presentarsi come semplici oppure di tipo monopodiale, dicotomico o coralloide. La colorazione degli apici è variabile dall'ocra chiaro al bruno rossiccio scuro, in base alla specie, allo stadio di sviluppo e la pianta ospite, mentre la tonalità del colore è uniforme dalla base all'apice nelle micorrize mature e in quelle in fase di quiescenza, mentre nelle micorrize giovani e in quelle in attiva crescita il colore dell'apice è più chiaro del resto della micorriza. (Zambonelli, et al., 2012)

Tuttavia, questa capacità non è esclusivo appannaggio del tartufo. In natura sono moltissime le specie in grado di formare ectomicorrize, e spesso avviene che la stessa pianta ospiti diverse tipologie di funghi. Si instaura una competizione, che ai fini produttivi deve

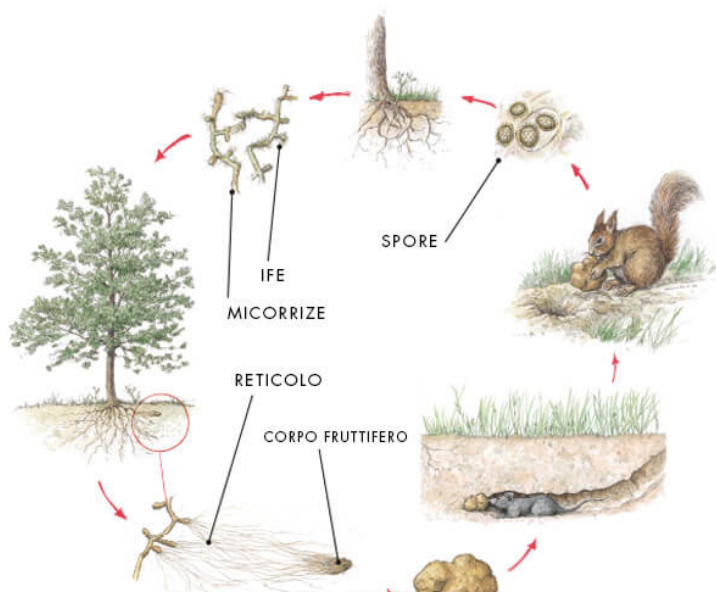
necessariamente risultare nella supremazia del tartufo. Ma questo avviene soltanto se il tartufo risulta il migliore nell'adattarsi alle particolari condizioni del suolo del momento, condizioni che sono di per sé variabili (Zambonelli, et al., 2012).

La presenza delle micorrize del tartufo crea in alcuni casi (come per il tartufo nero pregiato) una zona attorno alle piante produttive denominata "bruciata", che corrisponde con il pianello di accrescimento dell'area occupata da radici e micorrize, ovvero all'avanzamento del corredo fungino: un'area in cui è generalmente assente vegetazione, probabilmente a causa di essudati prodotti dal tartufo che risultano tossici per la maggior parte delle piante erbacee; di conseguenza tutte le risorse sono disponibili per l'apparato radicale della pianta ospite e per il fungo. Questo è considerato un segno fondamentale della presenza delle micorrize, tuttavia non è garanzia sufficiente della produttività: la bruciata non è appannaggio esclusivo del tartufo, e inoltre non necessariamente le micorrize producono il carpoforo.

### 1.1.2 Il Tartufo: il ciclo biologico

Essendo funghi ipogei, il ciclo vitale dei tartufi si svolge esclusivamente nel terreno. È intenzione di questo paragrafo descrivere in breve lo schema generale del ciclo biologico del tartufo. È possibile distinguere tre fasi differenti: vegetativa, simbiotica e fruttificazione. La **fase vegetativa** ha inizio dalla dispersione di spore, dovuta a naturali processi di marcescenza del tartufo o a causa delle attività animali. Dunque, le spore, dopo un periodo di quiescenza più o meno prolungato, producono micelio costituito da ife fungine che hanno lo scopo di raggiungere gli apici radicali della pianta ospite, ricoprendoli poi con la micoclona e penetrando negli spazi intercellulari, formando quel che viene chiamato **reticolo di Hartig**.

L'ectomicorriza completamente formata permette di procedere alla **fase di vita simbiotica**. Di fatto, questa struttura permette al fungo di ottenere nutrienti provenienti dall'apparato radicale. Inoltre, una volta formata, la micorriza può colonizzare altri apici radicali limitrofi tramite ife fungine. Raggiunta una quantità



**Figura 2: il ciclo del tartufo**

sufficiente di micorrize nel terreno, avendo la pianta ospite acquisito la maturità fisiologica e con condizioni ecologiche adeguate, il fungo può entrare nella **fase di fruttificazione**. Il carpoforo viene formato grazie all'addensarsi delle ife stesse, producendo un corpo che diventa poi autosufficiente, grazie al proprio micelio, detto peritrofico. Il carpoforo potrà poi nuovamente liberare spore, permettendo la proliferazione di ulteriori micorrize (ASSAM, 2013)



*Figura 3: sezione di carpoforo di T. melanosporum*

## 1.2 La Fisiologia Radicale

La micorrizza può sussistere solamente grazie all'instaurazione di un legame trofico con l'apparato radicale di una pianta superiore, erbacea o arborea, ed è dunque appropriato approfondire in parte la fisiologia che la supporta.

### 1.2.1 L'architettura radicale

Le radici possono essere studiate attraverso varie metodologie. Possono esserne misurate le dimensioni, se ne può analizzare la morfologia oppure le si possono classificare in base alla loro fisiologia. Tenendo presente l'estrema dinamicità e adattabilità dell'apparato radicale, ai fini della sperimentazione si sono distinte le radici su base fisiologica e morfologica.

Le radici hanno il principale scopo di trovare acqua e sostanze minerali per la pianta cui appartengono, oltre che fornire sostegno meccanico e fungere da riserva di sostanze. Per poter svolgere queste funzioni, debbono necessariamente esplorare il terreno circostante con efficienza e costanza, per poi proporre all'assorbimento. A questo scopo rispondono le radici dette **pioniere**, o esploratrici. Queste radici si muovono velocemente nel terreno, sono



*Figura 4: spaccato di una piantina in analisi*

scarsamente lignificate e rispondono proprio all'esigenza di trovare nicchie ecologiche adeguate alle necessità della pianta. Una volta raggiunta, si sviluppa un altro tipo di radici, dette **assorbenti**. Queste sono di minore lunghezza e ridotto diametro, e rispondono all'esigenza di sfruttare al meglio la nicchia ecologica in cui si sviluppano. Si propone una certa simmetria concettuale nelle strategie applicate per poter interagire al meglio con l'ambiente: proprio come da una gemma

può prodursi un'intera branca, così possono fare anche gli apici radicali. Dunque, una volta raggiunta una certa dimensione, nell'apparato radicale sono presenti radici **trasmigranti**, che hanno lo scopo di trasferire i nutrienti provenienti dalle parti più periferiche dell'apparato stesso e che non hanno scopo di assorbire nutrienti intorno ad essi, pur mantenendo una certa capacità germinativa e dunque adattabilità a possibili traumi. Inoltre, svolge una funzione di notevole importanza quel che è definito **fusto radicale**: si tratta di una porzione di apparato radicale sviluppatasi come fittone iniziale, da cui sono procedute poi le altre radici e che assume poi il medesimo ruolo di una radice trasmigrante.

### 1.2.2 *L'interazione con il tartufo*

Il ciclo biologico dei funghi del genere *Tuber* precedentemente descritto non potrebbe avere luogo se non potesse usufruire di radici che possano accogliere le ife. Infatti, questo legame può instaurarsi solamente agli apici radicali di quelle precedentemente definite radici assorbenti. Da qui l'importanza di assicurare il corretto equilibrio tra radici assorbenti e radici pioniere nell'apparato radicale durante tutto il periodo di allevamento, allo scopo di raggiungere i migliori risultati possibili rispetto alla carica di inoculo che la piantina può ottenere (Liu, 2009).

Questa interazione può essere di notevole vantaggio per la pianta ospite: le ife fungine possono esplorare un ulteriore volume di suolo, divenendo una sorta di apparato radicale secondario per l'ospite e favorendo la sopravvivenza di piante in fasi di vita critiche per via delle condizioni ambientali. In caso contrario, se le condizioni pedoclimatiche e gli aspetti nutrizionali sono ideali per la crescita della pianta ospite quest'ultima difficilmente produrrà micorrize. Infatti, la micorriza rappresenterebbe una spesa notevole in termini di risorse, a fronte di nessun vantaggio.

### 1.2.3 *Le piante simbiote*

È importante ricordare che la simbiosi del tartufo con l'apparato radicale è specie-specifica. Ovvero, solamente alcune piante ospiti sono utili allo sviluppo della micorriza e del carpoforo, in base alla specie di tartufo in questione e persino alle caratteristiche climatiche, pedologiche e ambientali della zona. Perciò, al momento dell'impianto di una tartufaia risulta determinante la scelta di quelle che saranno le piante ospiti. È intenzione di questo paragrafo descrivere brevemente le principali piante simbiote (ASSAM, 2013).

*Quercus pubescens* Wild, Roverella. Maggiormente diffusa sulle zone collinari pedemontane dell'Appennino, sino agli 800 m.s.l.m. Predilige substrati calcarei, anche poco profondi, vegeta in tutte le esposizioni, prediligendo quelle più calde. Per via della sua rusticità

e frugalità è una delle specie più utilizzate nella costituzione delle tartufaie coltivate. Può essere micorrizzata con tutte le specie di tartufo, ma da i migliori risultati con *T. melanosporum* e *T. aestivum*.

***Quercus cerris L.*** Cerro. Adatto sia a terreni argillosi che a quelli di origine marnoso-arenacea, finché freschi e profondi. È in grado di vegetare sino ai 35 metri. Necessita di non meno di 800 mm annui di precipitazioni, è adatto a vegetare in ambienti più freschi. Le sue caratteristiche fanno sì che si trovi in estesi settori della dorsale appenninica, dai 700 m.s.l.m. in su. È in grado di sostenere la coltivazione di tutte le specie di tartufo con ottimi risultati.

***Quercus ilex L.*** Leccio. Si tratta di una quercia sempreverde che può raggiungere sino ai 25 metri di altezza, e, seppur con lentezza rispetto ad altre specie, vegeta spontaneamente dal livello del mare sino ai 1200 m.s.l.m. Non ha particolari esigenze in termini di terreni, se non una certa presenza di pietrosità. Trattandosi di una specie xerofila è in grado di vegetare anche in climi con meno di 500 mm di precipitazioni annue, particolarmente frugale in termini di necessità. È in grado di sostenere micorrize di *T. melanosporum*, *T. aestivum* e *T. brumale*.

***Ostrya carpinifolia Scop.*** Carpino Nero. Cresce sino ai 20 metri di altezza nei casi migliori, è diffusa nella fascia basale dell'Appennino, sino ai 1000 m.s.l.m. Spesso in consociazione con l'Orniello, è frequentemente costituente di estesi boschi cedui. Si adatta a una grande varietà di tipologie di terreni, anche se predilige suoli con abbondante dotazione calcarea. Tuttavia, richiede almeno 700 mm annui di precipitazioni. Anch'esso è in grado di sostenere le micorrize di tutte le specie di tartufi, anche se da i migliori risultati con *T. melanosporum* e *T. aestivum*.

***Corylus avellana L.*** Nocciolo. Il principale arbusto utilizzato in tartuficoltura, insieme al cisto, raggiunge sino ai 10 metri di altezza, ed è presente sia sulla media collina che in ambienti di media montagna, non oltre i 1200 m.s.l.m. Richiede esposizioni fresche e terreni profondi e non ama terreni particolarmente argillosi, pietrosi o aridi, fatto che ne limita un utilizzo più esteso. Inoltre, il suo rapido accrescimento e spiccata attività pollonifera rendono necessari maggiori interventi di controllo della tartufaia, oltre che provocare una più rapida chiusura dell'impianto ed eccessivo ombreggiamento. Nonostante ciò, è molto utilizzato ove se ne abbia possibilità dato che in condizioni idonee può entrare in produzione in anticipo rispetto alle altre specie principalmente utilizzate (ASSAM, 2013).



***Figura 5: alcune specie di piante ospite, da sinistra a destra, dall'alto in basso: roverella, leccio, cerro, farnia, carpino nero, nocciolo, pino da pinoli, pino d'Aleppo (Bencivenga, et al., 2012)***

#### *1.2.4 La produzione di piante micorrizate*

Gli aspetti coinvolti nella tecnica di produzione delle piantine micorrizate sono molti, tra cui la tecnica di inoculo, substrato, il tipo di contenitore utilizzato e la disposizione stessa delle piantine, nonché le tempistiche rispettate e la tipologia di serra in cui avvengono le operazioni.

Nonostante si sia lontani da un processo perfettamente ottimizzato, i succitati fattori si sono dimostrati determinanti per lo svolgersi dell'intero avvenire di ogni esemplare. (Wilkinson, et al., 2014)

La tecnica utilizzata nella produzione di piantine micorrizzate nella sperimentazione è detta “per inoculo sporale”, e costituisce lo standard produttivo dei vivai ASSAM. Ci si avvale della notevole capacità delle spore di *T. melanosporum* di germinare in un mezzo appropriato. Avendo accuratamente preparato, deumidificato e ridotto in polvere il tartufo, lo si sparge nel substrato utilizzando un agente disperdente affinché si diffonda in maniera omogenea, in cui viene inserita la pianta ospite. Quest'ultima viene prelevata dal substrato in cui è precedentemente germinata, nel momento di ripresa vegetativa, e introdotta con la radice nuda nel nuovo contenitore in modo tale che si produca l'infezione da parte del fungo. Questa tecnica ha il pregio di richiedere dosi di inoculo inferiori rispetto ad altre e di offrire un certo grado di affidabilità se eseguita nei tempi corretti (ASSAM, 2013).



**Figura 6: Piantina pronta all'inoculo**

È dimostrato che lo stato dell'apparato radicale al momento dell'inoculo ha influenza sulla quantità di micorriza presente successivamente. Ad esempio, si sono condotte delle sperimentazioni su metodi di potatura radicale che favoriscano lo sviluppo di radici sull'asse orizzontale piuttosto che verticale, trovando correlazioni statisticamente rilevanti con il quantitativo di micorriza presente. Dunque, sono fondamentali ulteriori studi su quali siano le condizioni ideali per le principali specie di tartufo e piante ospite al fine di ottenere il maggior quantitativo di micorrize possibile (Pruett, et al., 2008).

Per quel che riguarda il substrato, i principali parametri analitici da definirsi sono: scheletro, granulometria (sabbia, limo, argilla), reazione (pH), sostanza organica, rapporto carbonio/azoto e carbonato di calcio totale e solubile. Sono state fatte diverse prove sui valori ideali di questi fattori, e seppur siano stati identificati gli intervalli di tolleranza, si può ancora scoprire molto sugli effetti anche di minime variazioni (Bencivenga & Baciarelli Falini, 2012).

Attualmente, il contenitore standard è la fitocella in materia plastica, principalmente per via della sua economicità. Tuttavia, questa tipologia di contenitore mutuata dal comune uso



vivaistico ha diametro, altezza, larghezza, forma e volume non ottimale per la crescita delle radici una volta che queste hanno raggiunto le pareti del sacchetto. Le fitocelle risultano particolarmente pericolose per la conformazione delle radici se la permanenza si prolunga oltre la prima stagione vegetativa. Questa specifica situazione non consente la migliore crescita delle radici, che possono attorcigliarsi e anche indurre strozzature pericolose per la stabilità del futuro albero. È perciò necessario confrontare diverse alternative possibili.

## Capitolo 2

### OBIETTIVI

#### 2.1 Comprendere gli effetti del substrato

Un primo obiettivo della sperimentazione è di esplorare l'ipotesi che ci sia una correlazione tra la tipologia di substrato adottato, lo sviluppo radicale e le possibilità che queste offrono alla micorrizzazione.

Di fatto, si sa da tempo che il substrato ha influenza sulla radicazione ma occorre indagare gli effetti dei substrati sulla struttura che l'apparato radicale acquisirà e come gli equilibri tra le parti vengano modificati nei singoli casi specifici. Inoltre, è da stabilirsi se queste modifiche siano desiderabili o meno, e quali tecniche dovrebbero essere adottate se questi dovessero divenire uno standard.

#### 2.2 Comprendere gli effetti del vaso

Allo stesso tempo sono da indagare gli effetti del contenitore sulla radicazione. Infatti, seppur comprovato che il tipo di vaso ha delle influenze, è intenzione di questa prova indagare gli effetti specifici di diverse tipologie di vaso. I vasi scelti per la sperimentazione sono già stati sperimentati in altri casi, ma è vitale comprendere come questi agiscano su esemplari di *Q. ilex* che siano destinati alla tartuficoltura, dunque micorrizzati.

#### 2.3 Comprendere le interazioni di substrato e vaso

Nei paragrafi precedenti si è parlato dell'azione del substrato e del contenitore sullo sviluppo degli esemplari della sperimentazione. Tuttavia, come spesso avviene, è necessario valutare l'azione non di un fattore unico, ma di una molteplicità, dato che la necessità è elaborare soluzioni che siano poi percorribili al di fuori di una situazione controllata. Substrato e vaso possono interagire e aumentare o rendere nullo l'uno l'effetto dell'altro, perciò è scopo principale di questa sperimentazione analizzare quale sia stato l'effetto contemporaneo di entrambi sulla crescita di esemplari di *Q. ilex* micorrizzati secondo lo stato dell'arte con inoculo di *T. melanosporum*.

## Capitolo 3

### MATERIALI E METODOLOGIA: SVOLGIMENTO DELLE ANALISI

#### 3.1 Materiali

In questa sezione si intende approfondire quali materiali sono stati utilizzati per condurre al meglio la sperimentazione.

##### 3.1.1 Piante

Le analisi sono state condotte su 36 esemplari di *Q. ilex* micorrizzati nel vivaio ASSAM Alto Tenna, poi allevati sino all'età di circa 16 mesi. Nel mese di luglio 2020 sono giunte al laboratorio del dipartimento di arboricoltura generale e coltivazioni arboree che ha sede a Monte Dago (AN). Da quel momento in poi sono state affidate alle cure dei ricercatori del dipartimento sino alla conclusione delle analisi invasive per tutti gli esemplari, il 14/08/2020.

##### 3.1.2 Substrati

Sono stati presi in considerazione due differenti substrati. Entrambi sono stati sottoposti ad



accurato processo di sterilizzazione in autoclave in vivaio, in conformità allo stato dell'arte della tecnica di micorrizzazione, per impedire ogni eventuale contaminazione esterna.

Il primo substrato utilizzato è costituito esclusivamente da **scaglia rossa**, terreno naturale tipico della zona di Amandola, caratterizzato dall'alta presenza di argilla e calcare e particolarmente ricco in scheletro che favorisce il drenaggio.

*Figura 7: piantine cresciute in fitocella, a sinistra in scaglia rossa, a destra in terreno migliorato*

Il secondo, detto **migliorato**, include in sé scaglia rossa, torba e alcune componenti organiche. È composto da 1/3 torba, 1/3 terriccio naturale, 2/9 di vermiculite 4:6, 1/9 agriperlite e concime a lento rilascio a base di carbonato di calcio in quantità calcolata per bilanciare il pH.

### 3.1.3 Vasi

Sono state utilizzate tre tipologie di contenitori: “fitocelle”, “apribili” e “air root pruning”.



**Figura 8:** *piantina in fitocella*

La **fitocella** costituisce uno standard per il materiale vivaistico, principalmente per via dei costi contenuti nel reperimento. Si tratta in effetti di un contenitore, solitamente in materia plastica come nel caso di questa sperimentazione, non riutilizzabile. Di fatti, per poter estrarre la piantina occorre tagliare la pellicola di cui la fitocella è costituita. Quelle utilizzate nella sperimentazione sono di forma cilindrica e sono dotate di un foro sul fondo che permette ad acqua in eccesso rispetto alla capacità di campo di fuoriuscire per gravità. Un ulteriore svantaggio è costituito dal fatto che la fitocella non consente alcun tipo di controllo sullo sviluppo radicale del materiale vivaistico: una volta raggiunto un certo livello di sviluppo, le radici cominceranno a spiralizzare su sé stesse all’interno della fitocella (Wilkinson, et al., 2014).

Il **vaso apribile**, al contrario, offre una strategia per poter indirizzare lo sviluppo delle radici. Lungo i bordi del vaso sono presenti delle scanalature che fanno sì che lo sviluppo delle radici sia maggiormente fascicolato e impedisce alle stesse di incorrere in un intreccio eccessivo e nella spiralizzazione. Il vaso è costituito da un sistema



**Figura 9:** *vaso apribile pronto all’utilizzo*

a incastro, frutto di un unico stampo, in plastica. Ciò permette, con le dovute precauzioni, di aprire momentaneamente il campione e osservarne lo sviluppo. Vantaggio non indifferente è il fatto che questa tipologia di contenitori può essere facilmente riutilizzata.

Il **vaso air root pruning** è anch'esso riutilizzabile. È costituito da una base tonda attorno alla quale viene assicurato il bordo. Il principio di funzionamento è sfruttare le condizioni di umidità e ossigeno in maniera tale che le radici vengano condotte a uscire dai fori fino disseccarsi all'aria, in questo modo il loro sviluppo viene controllato. Il bordo del vaso presenta una serie di cavità che fanno sì che il substrato nelle immediate vicinanze venga maggiormente ossigenato. Perciò viene esercitata una pressione selettiva sulle radici, che nelle vicinanze dei limiti del contenitore non hanno le condizioni per crescere; quando l'apice in crescita muore per contatto con l'aria viene simulata una potatura radicale e quindi viene stimolata la produzione di radici laterali che esploreranno il substrato in altre direzioni (Wilkinson, et al., 2014).



**Figura 10: vaso air root pruning**

#### 3.1.4 Setacci



**Figura 11: setaccio con luce netta da 4,750 mm in**

**uso**

Durante il processo di analisi si sono sfruttati una serie di setacci per poter separare le radici dal materiale del substrato. Le dimensioni utilizzate sono state, con riferimento alla luce netta tra le maglie, di 4,750 mm, 2 mm e 0,710 mm. Come questi siano stati utilizzati lo si approfondirà nel seguente sottotitolo.

### 3.2 Metodologia

Segue una descrizione della metodologia applicata per studiare le 3 tipologie di vaso e i due substrati in un esperimento di tipo fattoriale (vaso x substrato) con 6 tesi in totale.

#### 3.2.1 Le ripetizioni

Per ogni tesi sono state analizzate sei ripetizioni. Sono state spogliate del loro contenitore sei piante alla volta, ovvero una per ogni tesi, e immerse delicatamente in acqua in contenitori isolati per poter procedere al meglio. Una volta misurati i parametri oggetto di studio si è proceduto a preparare un'altra ripetizione di 6 piante.

#### 3.2.2 Procedimento

Ogni pianta è stata spogliata del proprio vaso. Poi, liberata il più possibile dal substrato, con movimenti continui ma delicati per evitare che le radici si spezzino in massa, in modo da non dover utilizzare più tempo successivamente per recuperare i frammenti di radici spezzati. Successivamente la pianta, ancora intera, già fotografata nella sua interezza, è stata privata del fusto e delle foglie, raccolti separatamente in un apposito sacchetto per ogni campione. Si è proceduto dunque setacciando il substrato distaccatosi dalla pianta precedentemente, setacciato con la dotazione di laboratorio, sotto un flusso d'acqua molto contenuto. Poi si è operato su un banco appositamente allestito, svuotando il contenuto del setaccio e prelevando con le pinzette le radici rimaste adese al setaccio. Si è notato che operando con la massima cura è possibile limitarsi al setaccio con luce di 0,710 mm, evitando che le radici si frammentino troppo. Si è proceduto recuperando tutti i frammenti di radice individuabili sul



*Figura 12: Radici disposte sul piano, pronte per essere separate e classificate*

banco, per poi ripulirlo dal substrato. Disposte le radici sul piano, le radici assorbenti e pioniere sono state separate con un bisturi.

Sono poi state inserite in appositi sacchetti in carta, la cui tara è stata precedentemente verificata. Terminato questo procedimento per tutti i 36 campioni, si è provveduto a un trattamento in stufa per 48 ore a 60° C. Si è poi provveduto a pesare i campioni. Foglie, fusto e fusto radicale sono stati prelevati da ogni sacchetto e pesati direttamente sulla bilancia, mentre per le radici pioniere e radici assorbenti si è ritenuto di evitare questa procedura per il rischio di perdere parti del campione, dunque si è pesato il sacchetto chiuso di cui era stata precedentemente annotata la tara.

## Capitolo 4

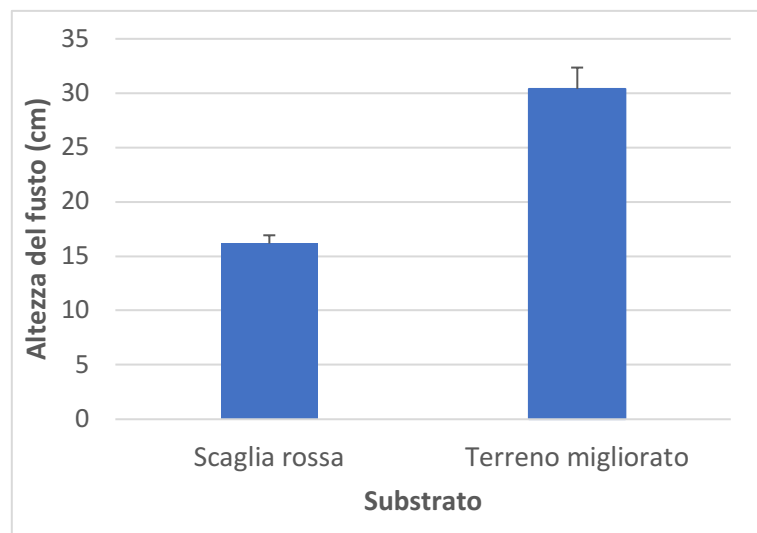
### I RISULTATI E LA DISCUSSIONE

#### 4.1 I Risultati

I dati sono stati elaborati statisticamente tramite il programma JMP® (SAS Institute).

##### 4.1.1 Accrescimento

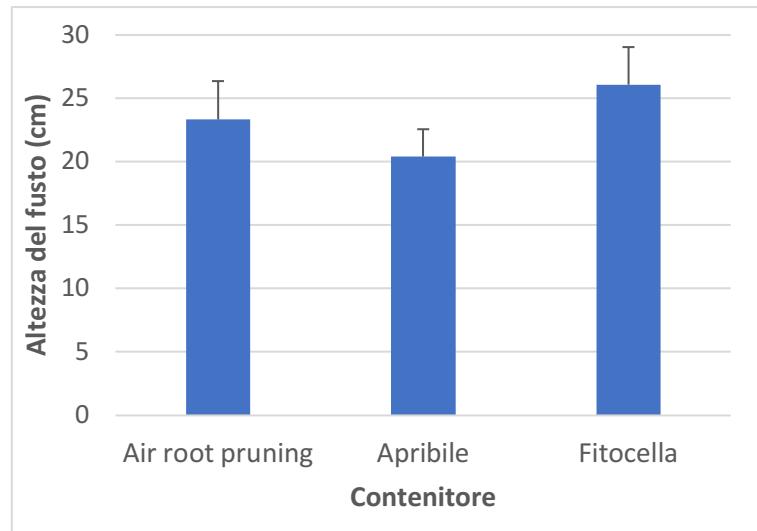
Si è trovata una differenza significativa in base alla tipologia di substrato sia per altezza che per diametro del fusto. L'altezza del fusto è risultata mediamente maggiore nel substrato migliorato, con media vicina al doppio di quella del substrato scaglia rossa.



**Figura 13: Altezza del fusto in base al tipo di substrato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. La differenza tra le medie è significativa secondo il test di t di student.**

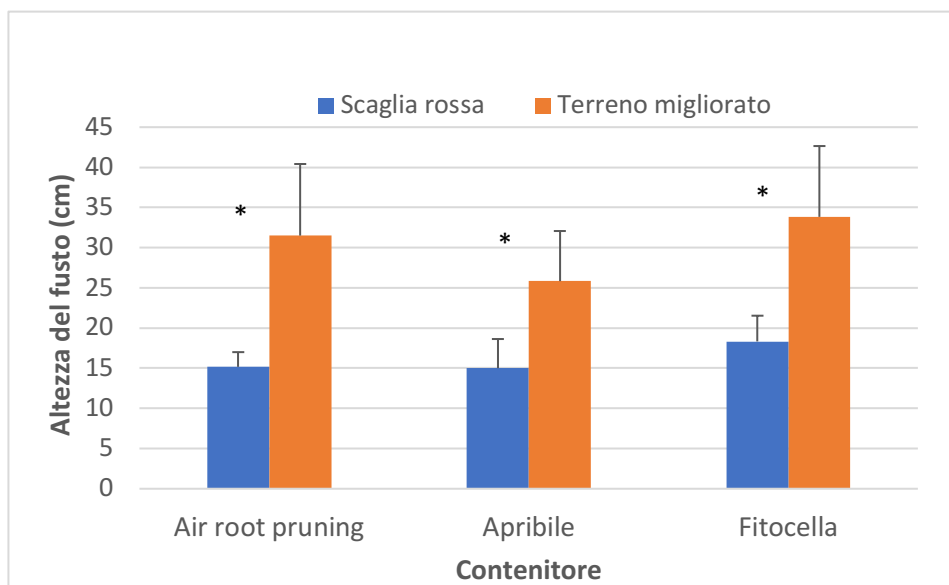


Considerando solamente l'influenza della tipologia di contenitore, al contrario, non si sono rilevate differenze statisticamente significative, pur essendo presente una tendenza apprezzabile per cui le piante con contenitore apribile risultano avere fusti più bassi, mentre le piante in fitocella sono risultate tendenzialmente più alte.



**Figura 14: Altezza del fusto in base alla tipologia di contenitore. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.**

Si noti che l'interazione fra tipo e di vaso e substrato non è risultata significativa, per cui le piante in substrato migliorato sono di altezza maggiore rispetto al loro omologo allevato in scaglia rossa in tutti i tipi di vaso.

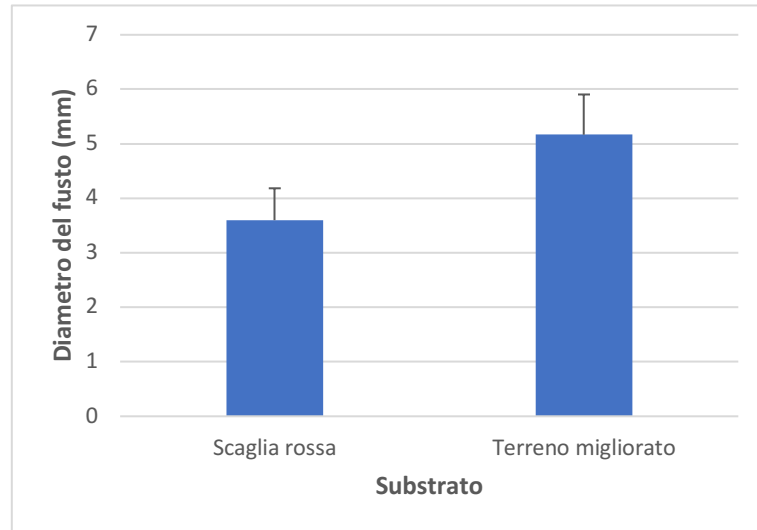


**Figura 15: Altezza del fusto in base a tipologia di contenitore e substrato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. L'asterisco indica differenze statisticamente significative tra la medesima tipologia di vaso ma con diverso substrato.**

<i>Origine</i>	<i>N. Parametri</i>	<i>DF</i>	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>Rapporto F</i>	<i>Prob&gt;F</i>
<i>Vaso</i>	2	2	192,7222	2,5919	0,0916
<i>Substrato</i>	1	1	1820,4444	48,9659	<,0001
<i>Vaso*Substrato</i>	2	2	52,7222	0,7091	0,5002

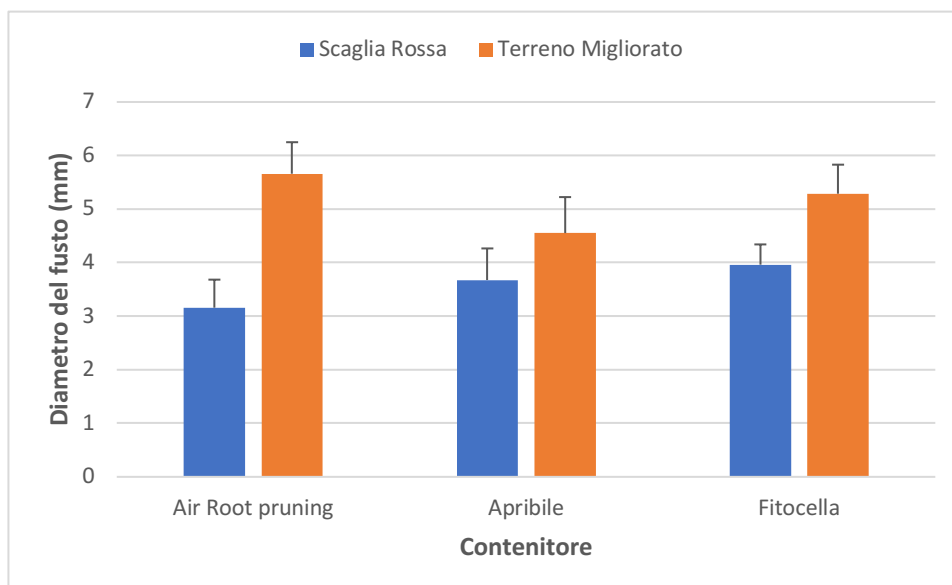
**Tabella 1: tabella Anova fattoriale per l'altezza del fusto**

Il diametro dimostra differenze significative in base al substrato. Le piante in substrato migliorato hanno presentato mediamente un diametro di entità maggiore, quelle in scaglia rossa minore.



***Figura 16: Diametro del fusto in base alla tipologia di substrato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. La differenza tra le medie è significativa secondo il test di t di student.***

Considerando l'effetto combinato di contenitore e substrato si è avuta un'interazione statisticamente significativa sul diametro. La tipologia di contenitore ha amplificato il differente effetto del substrato sull'accrescimento, dove il vaso air root pruning ha amplificato di molto le differenze dell'effetto del substrato sull'accrescimento, mentre la fitocella e il vaso apribile hanno avuto effetti ridotti ma di entità simile tra loro.

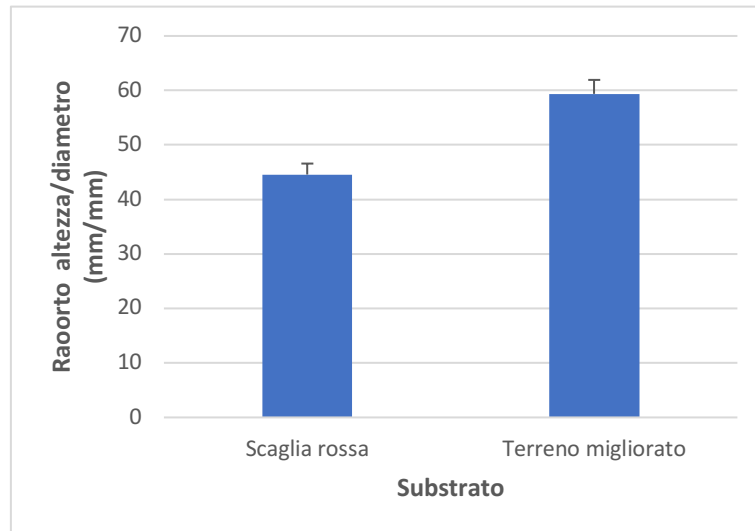


**Figura 17: Diametro del fusto in base alla tipologia di substrato e contenitore. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. La differenza delle medie è significativa secondo il test del t di student.**

<i>Origine</i>	<i>N. Parametri</i>	<i>DF</i>	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>Rapporto F</i>	<i>Prob&gt;F</i>
<i>Vaso</i>	2	2	1,578772	2,5468	0,0951
<i>Substrato</i>	1	1	22,12134	71,3704	<,0001
<i>Vaso*Substrato</i>	2	2	4,226172	6,8175	0,0036

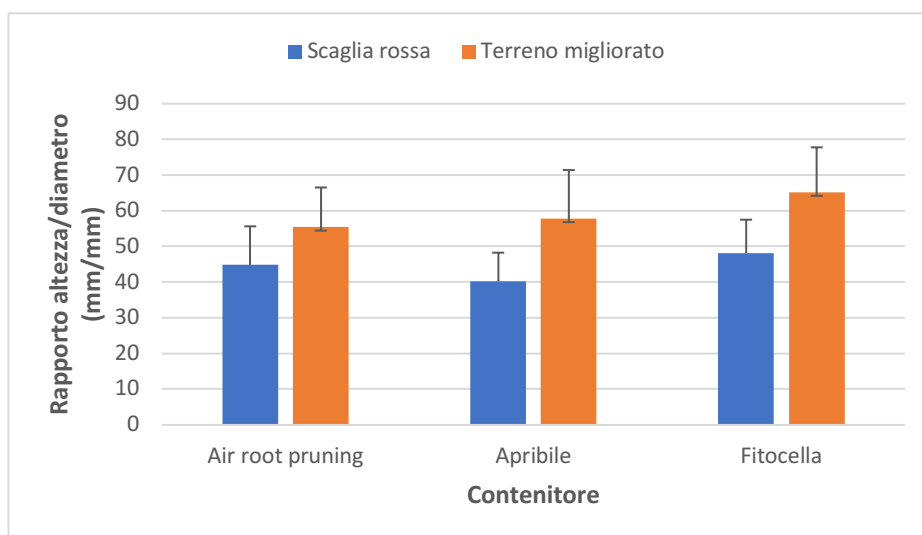
**Tabella 2: tabella Anova fattoriale per il diametro**

Il rapporto tra altezza e diametro del fusto è un indice sulla conformazione assunta dalla pianta. Nella sperimentazione si sono evidenziate differenze significative in base al substrato. Il rapporto per le piantine in scaglia rossa ha un valore minore rispetto al migliorato. La pianta di leccio è quindi risultata più “filata” nel caso del substrato migliorato.



**Figura 18: Rapporto Altezza/Diametro in base al tipo di substrato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. La differenza tra le medie è significativa secondo il test di t di student.**

Per questo parametro non si sono rilevate differenze significative in base all'interazione di contenitore e substrato, o da parte del contenitore in sé. Si noti che l'andamento è molto simile in tutti i casi, tranne che considerando il substrato.



**Figura 19: Rapporto Altezza/Diametro in base alla tipologia di contenitore e substrato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.**

<i>Origine</i>	<i>N. Parametri</i>	<i>DF</i>	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>Rapporto F</i>	<i>Prob&gt;F</i>
<i>Vaso</i>	2	2	529,6057	2,1593	0,1283
<i>Substrato</i>	1	1	2653,956	21,6416	<,0001
<i>Vaso*Substrato</i>	2	2	122,3977	0,499	0,6108

**Tabella 3: tabella Anova fattoriale per il rapporto altezza/diametro**

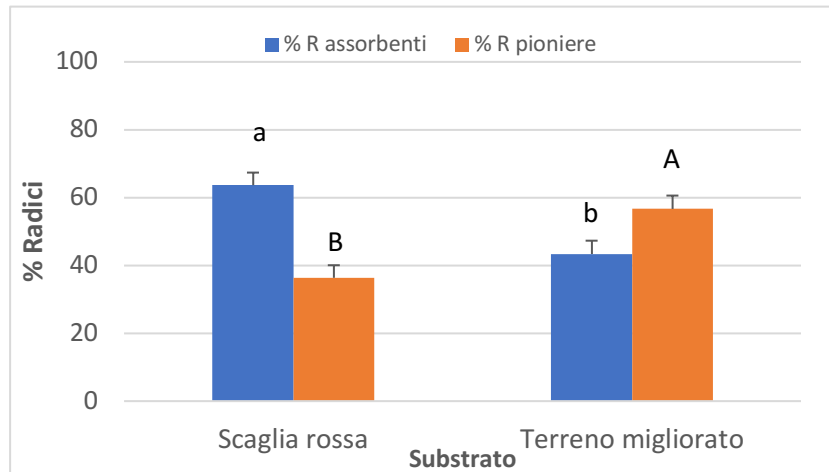
#### 4.1.2 Radici Assorbenti/Pioniere

Per quel che riguarda l'apparato radicale, dall'analisi degli effetti emerge una differenza significativa considerando le diverse tipologie di substrato. Al contrario non emergono variazioni statisticamente significative fra differenti tipologie di contenitore, né effetti combinati.

Nella scaglia rossa si è avuta una netta maggioranza di radici assorbenti, con un valore medio superiore al 60% sul peso secco. Nel terreno migliorato, al contrario, si è osservato un valore percentuale medio di radici pioniere di alcuni punti al di sotto del 60%, a scapito del valore percentuale di radici assorbenti.

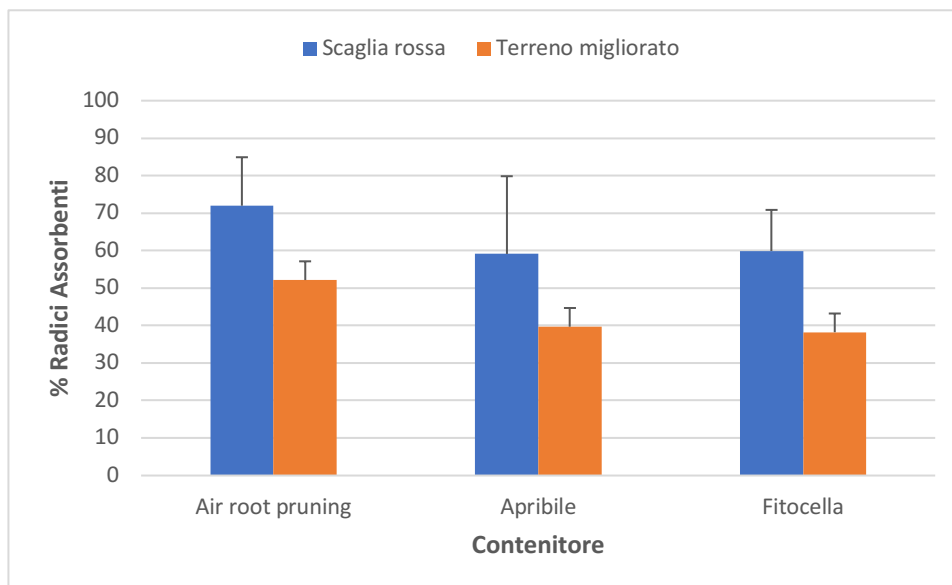
Lo sbilanciamento tra le due tipologie di radici appare molto più pronunciato nella scaglia rossa, con maggior presenza percentuale di radici assorbenti. Nel substrato migliorato il rapporto risulta invertito: le radici pioniere costituiscono una percentuale maggiore, e il distacco tra le due percentuali risulta appiattito.

Dunque, le radici assorbenti sono in presenza maggiore all'interno del substrato scaglia rossa rispetto al substrato migliorato, mentre le radici pioniere risultano presenti in percentuale maggiore nel substrato migliorato rispetto alla scaglia rossa.



**Figura 20: Percentuale di radici assorbenti e pioniere in base al substrato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. Lettere diverse indicano differenze significative in base al test di t di student.**

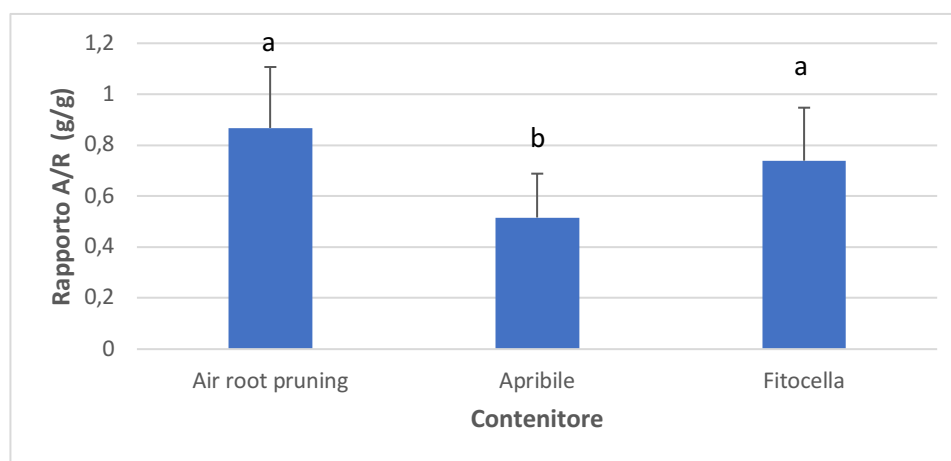
Al contrario, non si registrano effetti significativi sulle percentuali di radici assorbenti e pioniere da parte del contenitore o dalla combinazione di contenitore e substrato.



**Figura 21: Percentuale di radici assorbenti in base alla tipologia di substrato e contenitore. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.**

#### 4.1.3 Rapporto A/R

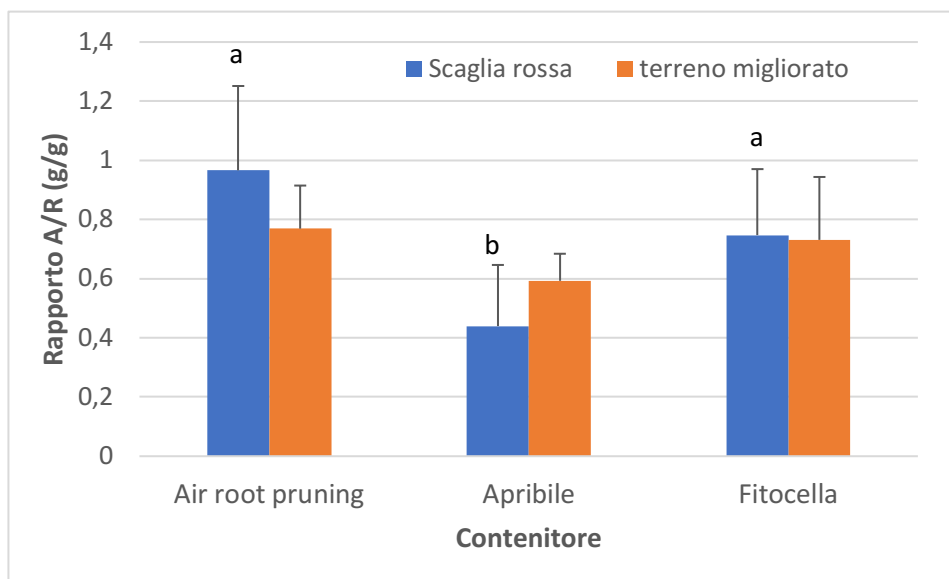
Il rapporto A/R ha presentato una significativa differenza in base alla tipologia di contenitore utilizzato. Il rapporto A/R è risultato più alto in assoluto nel caso del vaso air root pruning, mentre il più basso lo si è riscontrato nel caso del vaso apribile.



**Figura 22: Rapporto A/R in base alla tipologia di contenitore. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. Lettere diverse indicano differenze significative (test di t di student).**

Considerando l'effetto della tipologia di vaso combinato con quello del substrato scaglia rossa sono state rilevate differenze significative. Viceversa, nel caso del substrato migliorato non sono state rivelate differenze statisticamente significative. Confrontando i valori medi delle differenti tipologie di vaso in combinazione con il substrato migliorato non si sono avute differenze statisticamente significative. Tuttavia, si noti l'inversione tra i risultati dei due substrati nel caso del vaso apribile.





**Figura 23: Rapporto A/R in base alla tipologia di contenitore e substrato. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. Lettere diverse indicano differenze significative in base al test di t di student.**

## 4.2 Discussione

Dai dati emergono alcune tendenze significative, di cui si intende discutere nel seguente capitolo.

### 4.2.1 Accrescimento

Per quel che riguarda lo sviluppo della pianta, si è considerata l'altezza, il diametro e il rapporto tra questi due parametri. A parità di apporti esterni e di vaso, le piante cresciute in substrato migliorato hanno sempre prodotto un accrescimento maggiore rispetto alle loro omologhe in scaglia rossa. Le piante cresciute in substrato migliorato si sono sviluppate in maniera maggiore, quasi annullando l'effetto della differente tipologia di contenitori. Si suppone che il substrato abbia creato un ambiente più favorevole allo sviluppo della pianta, incidendo in maniera significativa sulla crescita. La ragione potrebbe risiedere nelle proprietà della torba aggiunta: specialmente nel caso dell'air root pruning avrebbe sensibilmente aumentato la capacità di campo, per via delle sue particolari proprietà di ritenzione idrica, e dunque reso disponibile in maniera più costante una fondamentale risorsa all'accrescimento. Lo testimonia in particolar modo il rapporto tra altezza e diametro, un indice della conformazione assunta dalla pianta nel suo sviluppo: le piante allevate in substrato migliorato hanno valori maggiori, a fronte di un forte sviluppo in altezza a parità di diametro e assumendo

dunque una conformazione più “filante”. Al contrario, le piante allevate in scaglia rossa hanno valori più contenuti: il loro sviluppo è stato più compatto. Inoltre, nel caso della scaglia rossa si sono osservate notevoli differenze in dipendenza dal substrato. Si suppone che questo sia da additare alle caratteristiche fisiche di quest’ultima tipologia: la presenza significativa di scheletro e la maggiore presenza di macropori favorisce lo sgrondo degli apporti idrici, facendo sì che a parità di condizioni questa preziosa risorsa sia più scarsamente presente.

#### 4.2.2 Radici Assorbenti/Pioniere

Questo parametro costituisce uno dei punti cardine di questa tesi: il processo di simbiosi da parte di *T. melanosporum* può prodursi solamente a carico di radici assorbenti. In questo caso vi è stata una significativa influenza da parte del substrato. L’utilizzo del substrato migliorato ha prodotto una percentuale di radici pioniere maggiore, a scapito delle assorbenti, probabilmente in virtù dello sviluppo più ampio delle piante in questo substrato. Al contrario, la scaglia rossa ha prodotto un notevole sbilanciamento in favore delle radici assorbenti, condizione desiderabile per gli scopi della sperimentazione. Le motivazioni potrebbero essere differenti, è possibile ad esempio che siano il prodotto di un tentativo di assorbire maggiori quantitativi possibili di acqua, a fronte di una numerosa presenza di nicchie disponibili, o che il rapporto sia spostato per via di una minore proliferazione di radici pioniere, collegata alle caratteristiche fisiche del substrato.

#### 4.2.3 Rapporto A/R

Questo parametro è un ulteriore indice della struttura assunta dalla piantina al momento delle analisi. Si tratta di piantine in vaso nella fase giovanile vegetativa del loro ciclo ontogenetico e che non hanno subito particolari interventi agronomici, perciò non stupisce trovare valori mediamente inferiori a 1. È importante notare che considerando la combinazione degli effetti si è trovata significatività statistica tra le diverse tipologie di vaso nel caso della scaglia rossa: questo a dimostrazione del fatto che questo substrato accentua le differenze tra differenti contenitori, rendendo la scelta di quest’ultimi ancor più critica nel caso si prediliga questa soluzione. Le piante allevate in substrato migliorato non hanno risentito di effetti combinati o della tipologia di contenitore: ulteriore indizio dell’importanza che questo ha svolto nell’accrescimento delle piantine rispetto ad altri fattori. Inoltre, si tenga presente che considerando unicamente l’influenza del contenitore, si è avuta una differenza significativa tra le medie. Dunque, la tipologia di contenitori ha avuto effetto significativo sul rapporto A/R. Il vaso apribile ha il valore medio più basso, e registra il valore medio più basso nel rapporto altezza/diametro, fatto che potrebbe spiegarsi per via del volume ridotto rispetto agli altri

contenitori, e che potrebbe essere testimone di uno sviluppo più contenuto. In ogni caso, si tratta di uno sviluppo che ha privilegiato l'apparato radicale rispetto alla porzione aerea, condizione da non sottovalutare visti gli obiettivi ultimi di questa sperimentazione. Nel caso dell'air root pruning si è avuto il valore medio più alto, a indicare uno sviluppo più esteso dell'apparato aereo rispetto alle radici. La fitocella ha registrato valori più contenuti, ponendosi in una situazione intermedia.

## CONCLUSIONI

Riguardo l'esperimento concluso, si ritengono i dati ottenuti un punto di partenza. Il principale obiettivo è stato ottenere più conoscenze sulle influenze contemporanee e assolute di due fattori fondamentali nella tecnica vivaistica, e si sono ottenuti dei dati statisticamente significativi al riguardo. La fitocella non si è dimostrata un elemento differenziante, rimanendo dunque la base di riferimento, adattabile a una grande varietà di compiti. Il vaso apribile e il vaso air root pruning hanno prodotto sensibili differenze sull'entità dell'accrescimento e dei rapporti radicali, che fanno pensare a differenti possibilità di applicazione. Riproponendo le condizioni di questo esperimento, la combinazione di vaso apribile e scaglia rossa può sicuramente produrre risultati interessanti nella pratica vivaistica. Le applicazioni delle tecniche usate in questo esperimento sono molteplici, in base agli scopi: dall'ottimizzazione degli input per la produzione vivaistica alla migliore combinazione possibile per ottenere il miglior materiale vivaistico per costituire tartufaie produttive.

La scelta dei materiali per l'attività vivaistica non è materia di semplice tradizione o formalità, ma richiede tali ricerche al fine di migliorare sempre più i risultati raggiungibili, e, non meno importante, deve essere in accordo con la sostenibilità economica. Occorre precisare che per poter ridurre al minimo eventuali variabili di disturbo gli apporti esterni di qualsiasi genere, compresi quelli idrici, sono stati uguali per ogni tesi presa in considerazione. Ma questo non corrisponde a quel che accade nella normale attività vivaistica, in cui gli apporti sono studiati in base alle necessità della specie e ai materiali utilizzati. Ad esempio, l'utilizzo del vaso air root pruning deve tenere conto della facilità con cui gli apporti idrici sono rilasciati al di fuori del vaso, e potrebbe essere necessario correggere corpo d'acqua e turnazione oppure impedire in parte lo sgrondo dalle superfici su cui sono poggiati i vasi.

Avrebbero sicuramente utilità ulteriori prove, ad esempio con diverse specie di piante ospite o altre specie economicamente rilevanti del genere *Tuber*. Inoltre, nell'ottica di valutare che effetto avrebbero sulla qualità del materiale vivaistico orientamenti tecnici come quelli descritti in questa tesi sarebbero auspicabili ulteriori esperienze in campo. Ad esempio, si potrebbe valutare come i cambiamenti apportati possano o meno influenzare l'attecchimento e/o la produttività delle piantine micorrizzate una volta in campo.

In conclusione, si ritiene che le indagini sulle tecniche vivaistiche nel campo della tartuficoltura debbano continuare e approfondirsi anche nel campo dei contenitori e dei substrati utilizzati, le cui applicazioni potrebbero coinvolgere l'intero settore, riguardando una componente basilare per la costituzione di una tartufaia.

## BIBLIOGRAFIA

- ASSAM, 2013. *La Tartuficoltura Nelle Marche*. Ancona: Editrice Gabbiano srl.
- Bencivenga, M. & Baciarelli Falini, L., 2012. *Manuale di Tartuficoltura: Esperienze di coltivazione dei tartufi in Umbria*. Città di Castello: REGIONE UMBRIA Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA Dipartimento di Biologia Applicata.
- Liu, W., 2009. Correlation between specific fine root length and mycorrhizal colonization of maize in different soil types. *Frontiers Of Agriculture in China*, 3(1), pp. 13-15.
- Pruett, G. E., Bruhn, J. N. & Mihail, J. D., 2008. Greenhouse production of Burgundy truffle mycorrhizae on oak roots. *New Forests*, Gennaio, 37(1), pp. 43-52.
- Regione Abruzzo: Ente Regionale di Sviluppo Agricolo, 1995. *Guida alla Tartuficoltura*. Lanciano: E.R.S.A..
- Wilkinson, K. M. et al., 2014. Containers. In: T. D. Landis, T. Luna & R. K. Dumroese, a cura di *Tropical Nursery Manual: A guide to starting and operating a nursery for native and traditional plants*. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, pp. 123-139.
- Zambonelli, A., Perini, C. & Pacioni, G., 2012. Introduzione. In: A. Zambonelli, C. Perini & G. Pacioni, a cura di *Progetto MAGNATUM: Monitoraggio delle Attività di Gestione delle tartufaie NATurali di TUBer Magnatum*. Cesena: Alimat Edizioni, pp. 1-6.
- Zambonelli, A., Perini, C. & Pacioni, G., 2012. Progetto MAGNATUM: Monitoraggio delle Attività di Gestione delle tartufaie NATurali di TUBer Magnatum. In: P. Leonardi & M. Leonardi, a cura di *Le Ectomicorrize*. Cesena: Alimat Edizioni, pp. 25-28.