



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**CRESCITA E SVILUPPO DELL'APPARATO
RADICALE DELLE PIANTE DA FRUTTO
NEI PRIMI ANNI DI IMPIANTO**

Studente:
Federico Tomassini

Relatore:
PROF. DAVIDE NERI

Correlatore:
DOTT. VERONICA GIORGI

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

Dedico questo modesto lavoro
che conclude un piccolo capitolo della mia vita
alle persone che più mi hanno aiutato e supportato
a mio padre, mia madre, mio fratello e tutta la mia famiglia.

SOMMARIO

SOMMARIO	3
PREMESSA	4
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE	7
1.1 Coltivazione albicocchi in biologico.....	7
1.1.1 L'inerbimento	9
1.2. Ruolo e importanza dell'apparato radicale	11
1.3 Studio dell'apparato radicale	12
1.3.1 Morfologia radicale.....	12
1.3.2 Anatomia radicale	13
1.3.3 Architettura radicale	13
1.3.4 Distribuzione spaziale radici.....	14
1.3.5 Metodi di studio della radice.....	14
2. MATERIALI E METODI.....	16
1.1. L'albicoccheto	16
1.2. Isolamento ed analisi radici in laboratorio.....	18
3. RISULTATI	22
CONCLUSIONI	33
BIBLIOGRAFIA	35

PREMESSA

Il lavoro sperimentale oggetto di questa tesi è basato sull'osservazione e sullo studio dell'apparato radicale di piante da frutto, coltivate in biologico, durante i primi anni di impianto.

Nella gestione di un frutteto i primi anni sono cruciali per lo sviluppo delle piante in quanto è necessario raggiungere il prima possibile la fase produttiva, l'impianto di un frutteto comporta infatti costi molto elevati che devono essere ammortizzati il prima possibile.

Sono tanti i fattori che influiscono sullo sviluppo della coltura dopo l'impianto: il clima, il suolo, la disponibilità idrica e la competizione con le altre piante.

In tutto ciò l'uomo svolge un'azione molto importante in quanto, adottando varie tecniche agronomiche, può conferire alle giovani piante le migliori condizioni di crescita.

È possibile concimare il suolo con fertilizzanti o ammendanti organici per migliorarne le caratteristiche.

In carenza di un determinato elemento, per esempio l'azoto, il fosforo o il potassio, è giusto intervenire con fertilizzazioni mirate per colmare la carenza dell'elemento in difetto e permettere l'ottimale sviluppo della coltura, ma apportare sostanza organica ad un complesso agroecosistema ha molte più funzioni.

Il ruolo della sostanza organica è infatti più ampio: espleta funzioni fisico-meccaniche migliorando la struttura del suolo, funzioni chimiche regolando la disponibilità e l'assorbimento degli elementi nutritivi, funzioni biologiche in quanto funge da substrato alimentare per la crescita della pedofauna e di microorganismi e soprattutto svolge un compito sistemico migliorando l'ecosistema agrario e il suo equilibrio.

Per sopperire alla carenza di acqua si può ricorrere all'irrigazione, esistono varie tecniche ognuna con i propri pregi e difetti.

Nei frutteti generalmente la tecnica più utilizzata è quella dell'irrigazione a goccia, che ci permette, soprattutto in condizioni di aridità, di controllare il volume di terreno disponibile per lo sviluppo dell'apparato radicale degli alberi, grazie alla localizzazione del gocciolamento.

È usuale ricorrere alla potatura per gestire il carico produttivo e conferire alla pianta una determinata forma (esistono varie forme di allevamento per le piante da frutto: vaso, fusetto, palmetta, ...).

Molto importante è la pianificazione del sesto d'impianto, il quale deve essere studiato in modo che le piante possano crescere senza disturbarsi tra loro, la gestione del sottofila e dell'interfilare, che può essere con inerbimento parziale o completo.

L'inerbimento è largamente utilizzato nella coltivazione di frutteti in biologico in quanto comporta molti vantaggi, dalla riduzione dell'erosione del suolo, all'apporto di materia organica a seguito di sfalci e anche molti altri come il minore ristagno idrico, l'aumento della biodiversità, le minori lavorazioni o la miglior struttura del suolo.

Il concetto di biodiversità è alla base delle prove sperimentali fatte in campo, insieme alla valutazione di un diverso approccio alla frutticoltura, col fine di migliorare l'ecosistema senza penalizzare la produzione.

Riallacciandosi al discorso precedente, l'inerbimento apporta materia organica al suolo con fonti alternative, ossia direttamente da altre piante, migliora la struttura del suolo stesso e, al contempo, arricchisce l'ecosistema con specie differenti aiutando a mantenere la biodiversità elevata.

Infine, proteggendo il suolo, sostiene la microflora e microfauna, oltre a garantire un effetto pacciamante e protettivo dalle lavorazioni e dagli eventi atmosferici.

La pianta va studiata come un sistema dove anche la salute dell'apparato radicale è correlata allo sviluppo della parte aerea, quindi per poter produrre è necessario che sia perfettamente funzionante pure l'apparato radicale.

Procedere allo studio di tale apparato comporta numerose difficoltà dato che le radici di una pianta non sono facilmente osservabili visto il loro sviluppo sotterraneo.

Per poter studiare e misurare i parametri delle radici di una pianta bisogna infatti ricorrere a metodi di studio che possono risultare piuttosto elaborati.

D'altro canto è necessario, oltre che affascinante, occuparsi di questo aspetto. L'apparato radicale è importantissimo per svolgere molte delle funzioni vitali di una pianta: conferisce stabilità alla parte aerea, rifornisce la pianta di acqua e sostanze nutritive occupandosi sia dell'assorbimento che della traslocazione di quest'ultime ed infine crea una forte interazione suolo-radice che porta nel corso degli anni alla modifica delle caratteristiche del suolo stesso.

Quindi è importante conoscere i meccanismi che regolano lo sviluppo dell'apparato radicale in funzione dell'ambiente all'interno del quale esso cresce per poter interagire con la

pianta nel suo insieme e prevedere reazioni, anche nel lungo periodo, delle pratiche agronomiche.

Capitolo 1

INTRODUZIONE

1.1 Coltivazione albicocchi in biologico

L'Europa e i paesi mediterranei provvedono a più del 75% della produzione mondiale di albicocche (*Prunus armeniaca* L). Questa specie è caratterizzata da una grande varietà di genotipi locali che la rendono molto adattabile ai diversi ambienti e le consentono di avere un ampio calendario di raccolta, inoltre, è difficile che ci sia produzione eccedentaria in quanto trova molti utilizzi sul mercato (Leccese, et al., 2010).

La finalità della coltivazione di alberi da frutto, nel nostro caso albicocchi, è il raggiungimento di un'efficienza produttiva e qualitativa delle piante il più possibile elevata, costante e duratura nel tempo (Neri et al., 2015).

Per far ciò è necessario seguire una serie di passaggi nell'impianto e nella gestione del frutteto che devono rendere il progetto sostenibile.

L'impianto di un frutteto è sempre preceduto da un'indagine preventiva che serve a conoscere le condizioni della zona, questa consta in: studio dell'azienda, studio del microclima della zona, valutazione delle strutture presenti, e conoscenza del mercato fresco e dei contratti con le industrie.

È inoltre necessario tenere a mente quali sono le esigenze del consumatore, quindi qualità del prodotto (aspetto, sapore, ...), le esigenze del commerciante (guadagno economico) e quelle dell'industria di trasformazione.

A seguito di tale indagine possiamo scegliere la specie e la cultivar (cv), ci sono vari fattori da valutare come l'autosterilità piuttosto che la contemporaneità o anche il calendario di maturazione e di raccolta, la cv prescelta dovrà garantire elevata produzione e ottima qualità del frutto, deve essere in linea con le richieste di mercato e deve essere il più possibile resistente alle malattie.

Conoscendo specie e cultivar possiamo passare alla scelta del portinnesto (che deve essere affine alla cv e adatto al terreno), della forma di allevamento (in base al clima e alla meccanizzazione disponibile) e infine al sesto d'impianto (cioè la distanza tra alberi tra le file e lungo la fila).

Dopodiché si procede alla preparazione del terreno, che comprende un insieme di operazioni che contribuiscono a creare le condizioni di base per un'elevata e duratura produttività: sistemazioni idraulico agrarie (differenti se si parla di collina o pianura), lavorazione del suolo (in genere lavorazione a due strati), analisi del terreno (per conoscere scheletro, tessitura, CSC, pH, salinità, calcare, ...) e concimazione di fondo (apporto di sostanza organica tramite letame, fosforica o potassica).

A questo punto possiamo passare alla messa a dimora delle piante che comincia con la squadratura del terreno, poi si passa all'apertura dei solchi lungo la fila e infine scavo delle buche per singola pianta.

In questi anni si sta sempre più affermando la tendenza ad intensificare gli impianti, compresi quelli di drupacee.

Questo deriva dall'esigenza di ridurre la fase improduttiva delle piante e aumentare le rese con conseguente vantaggio economico in termini di rientro dei capitali e riduzione dei costi di produzione.

Tutto ciò è reso possibile da una serie di nuove scoperte che si sono fatte nel corso del tempo: portinnesti meno vigorosi, nuove forme di allevamento e l'affinamento delle tecniche di potatura in diversi periodi dell'anno.

L'alta densità di piantagione, nelle drupacee, prevede l'innesto di astoni già provvisti di rami anticipati. In fase di allevamento si lascia crescere la pianta con forma libera, a partire da questa si scelgono i rami meglio posizionati e strutturati in modo da raggiungere prima le dimensioni prefissate (Sansavini e Neri, 2005) con più interventi in verde. Gradualmente si porta la pianta verso la forma desiderata con tagli estivi, durante la gestione del frutteto già adulto.

Le forme più tradizionalmente utilizzate sono il vaso, la palmetta e il fusetto ma si stanno diffondendo altre tipologie per gli impianti ad alta densità come la forma a "V".

Queste nuove tecniche hanno portato all'evoluzione anche di altri aspetti della gestione del campo per mantenerla sostenibile a livello ambientale, in particolare i sistemi di non lavorazione del suolo con inerbimento.

«La sostenibilità ambientale si basa su principi ecosistemici in cui sono importanti i bilanci di massa energetici (carbonio sequestrato, apporto di nutrienti esogeni, consumo dell'acqua, pratiche di coltivazione, difesa fitosanitaria), ma hanno valore anche principi organizzativi basati sulla biodiversità (D. Missere, et al., 2015)»

Lo scopo è quello di creare un ecosistema autonomo e sostenibile, che mantenga elevata la biodiversità, ma non a scapito della produzione.

1.1.1 *L'inerbimento*

L'inerbimento è una pratica alternativa alle lavorazioni tradizionali del suolo, si divide in due tipologie: l'inerbimento naturale o l'inerbimento artificiale.

La prima consiste nel lasciar crescere le erbe spontanee sul suolo degli arboreti così da formare un cotico permanente che verrà ripetutamente sottoposto a sfalci, l'erba recisa viene lasciata in loco come pacciamante.

L'inerbimento artificiale invece ci permette di controllare il tipo di specie erbacee presenti, tramite semine primaverili di opportuni miscugli di graminacee e di leguminose (Andreoli, et al., 1988).

Inoltre, possiamo riconoscere altre tre varianti: l'inerbimento completo (su tutto il campo e per tutto l'anno), temporaneo (inerbimento solo in alcuni periodi dell'anno, con lavorazioni superficiali una o più volte l'anno) o a strisce (solo nella zona tra i filari).

Questa tecnica ha molti aspetti positivi tra i quali: controllo dell'erosione del suolo in terreni declivi, aumento della biodiversità e della sostanza organica in circolo nel sistema suolo, riduzione della lisciviazione dei nitrati, migrazione di fosforo e potassio dagli strati superiori a quelli inferiori lungo il profilo del suolo, migliore praticabilità dell'arboreto soprattutto dopo le piogge, mantenimento della temperatura del suolo più stabile e costante.

I principali svantaggi li troviamo nell'aumento del consumo di acqua e di azoto, in parte compensato dal miglioramento della ritenzione idrica del suolo e dalla riduzione dell'evaporazione superficiale. Laddove si verificano carenze di questi elementi è necessario provvedere tramite irrigazione e con concimazioni azotate.

Un altro aspetto da considerare è la competizione delle specie erbacee con le piante da frutto.

La competizione può riguardare le risorse (acqua e sostanze nutritive, come visto sopra) e anche gli spazi aereo e radicale.

La competizione per gli spazi aerei interessa solo i giovanissimi impianti e il loro rapporto con alcune specie spontanee che potrebbero avere uno sviluppo aereo più importante e veloce delle piante da frutto.

Per quanto riguarda l'apparato radicale, anche in questo caso la maggior competizione potrebbe avvenire nei primi anni dopo l'impianto. Una volta raggiunte le dimensioni adulte, la pianta da frutto avrà un apparato radicale che, grazie anche alla presenza delle spontanee, avrà una profondità e un'estensione tali da non essere più disturbato dalla presenza di spontanee, se non in condizioni particolari di carenza di nutrienti o idrica.

Impedendo all'apparato radicale dell'albero di svilupparsi troppo in superficie, la presenza delle radici delle piante erbacee, porta inoltre il frutteto ad un'entrata in produzione precoce con un possibile effetto nanizzante sugli alberi (F. Zucconi, et al., 1996).

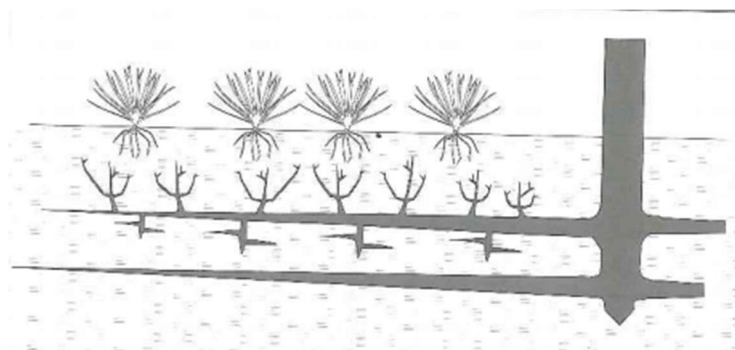


Figura 1: da Zucconi, 1996. Sviluppo radicale di una pianta arborea in presenza di piante erbacee.

Confrontando l'inerbimento con la lavorazione del suolo vediamo che l'inerbimento ha un notevole effetto sull'erodibilità, grazie all'apporto di sostanza organica determina infatti un aumento dei parametri di disaggregazione. Le lavorazioni hanno invece effetto opposto peggiorando la stabilità strutturale sia direttamente con l'azione meccanica, sia indirettamente a causa delle perdite di sostanza organica (S.A. Belmonte, et al., 2012).

La presenza di una comunità di erbe nel frutteto può inoltre cooperare al funzionamento dell'agroecosistema svolgendo servizi ecosistemici, la gestione di queste erbe spontanee può infatti mitigare gli effetti negativi sulla coltura e aiutarci a migliorare l'agrobiodiversità del nostro sistema.

I servizi ecologici di cui stiamo parlando possono essere: il riciclaggio dei nutrienti, la regolazione del microclima e dei processi idrologici locali, la soppressione di organismi indesiderati o l'introduzione di nuovi insetti utili e la disintossicazione da sostanze chimiche nocive (M.A. Altieri, et al., 1999).

Le tecniche colturali di gestione del suolo modellano gli equilibri all'interno di queste comunità di erbe agendo tramite pressione selettiva, è importante ridurre al minimo la predominanza di una singola specie per il funzionamento di processi come il ciclo dei nutrienti o il controllo dei parassiti che regolano la resilienza degli agroecosistemi.

Nei sistemi di coltivazione biologici gestiti tramite schemi di rotazione, ma anche in frutteti con cicli più lunghi, l'utilizzo di colture che prendono il nome di ASC, colture servizio agroecologico (come copertura, pacciamatura o colture intercalari) è una delle principali

pratiche agroecologiche utilizzate per gestire la fertilità del suolo e migliorare la biodiversità nel tempo (E. Testani, et al., 2019).

Per massimizzare i vantaggi e minimizzare gli aspetti negativi dell'inerbimento possiamo ricorrere a qualche strategia come, per esempio, creare una pacciamatura intorno ai giovani alberi. Le pacciamature hanno il vantaggio di controllare lo sviluppo delle piante spontanee, di proteggere il suolo dall'erosione e dal lavoro battente della pioggia. Possono essere effettuate con materiali plastici o biodegradabili, con materiali organici, come paglia, sfalci, cippato di potature oppure con piante vive (pacciamatura viva). Negli ultimi due casi si aggiunge il vantaggio dato dagli apporti di sostanza organica al suolo.

Si possono inoltre utilizzare lavorazioni del suolo, che interessino solo gli strati superficiali del suolo (max 15cm) vicino alle file, in questo modo possiamo creare un vantaggio per la pianta da frutto nei confronti delle spontanee.

Per massimizzare l'assorbimento degli elementi nutritivi è importante che gli sfalci vengano fatti nel periodo giusto, infatti se effettuati troppo presto avverrà una mineralizzazione rapida con conseguente perdita di potenzialità di concimazione organica. Il momento migliore per il primo sfalcio è dopo la fioritura e per poter fare il secondo taglio bisogna far trascorrere almeno due settimane; in questo modo favoriamo la produzione di humus nel suolo che ne migliorerà la ritenzione idrica.

1.2. Ruolo e importanza dell'apparato radicale

Le piante terrestri sono un sistema integrato di parte aerea (A) e radicale (R), il rapporto tra queste due parti varia durante le varie fasi della vita di una pianta: in fase vegetativa il rapporto tra parte aerea e radicale è minore di uno [$A/R < 1$] c'è una forte esplorazione e sviluppo radicale perché la pianta ha bisogno di acqua e nutrienti per lo sviluppo della parte aerea, in piante mature il rapporto è intorno a due [$A/R = 2$] ciò significa che la parte aerea è circa due volte quella radicale e la pianta produce frutti, in fase di senescenza il rapporto aumenta [$A/R > 2$] in quanto le radici regrediscono più velocemente rispetto alla parte aerea, questa fase precede la morte della pianta.

Quindi, soprattutto nei primi anni di impianto, è indispensabile che l'apparato radicale sia in salute e funzionante per poter provvedere al fabbisogno di acqua e favorire il corretto sviluppo dell'intera pianta.

L'importanza dell'apparato radicale è testimoniata pure dai vari trattamenti agronomici che si effettuano in campo per cercare di creare condizioni ambientali ideali allo sviluppo delle radici, come l'irrigazione, la fertilizzazione e lavorazioni del suolo.

La crescita delle radici è continua ed è legata alla necessità di trovare nicchie di suolo ottimali, per essere considerate tali devono avere sostanze nutritive in forma assimilabile e non devono esserci sostanze allelopatiche incompatibili. La radice che occupa una determinata nicchia di suolo la impoverisce quindi di elementi minerali assimilabili, ma non solo, rilascia pure metaboliti come essudati o mucillagini. Quando la radice lascerà la nicchia essa sarà povera di elementi minerali assimilabili ma ricca di sostanza organica che contribuirà ad aumentare la fertilità del suolo.

Dopo la fuoriuscita della radice primaria, che evolve e forma il fittone, l'espansione radicale sarà di tipo planare, radiale e centrifuga: planare in quanto quasi tutto il sistema di radici si trova nel primo 0,75 m di profondità del suolo, con il 91% nei primi 0,50 m negli albicocchi (Ruiz-Sanchez, et al., 2005); radiale in quanto si sviluppa in tutte le direzioni a seconda delle condizioni fisiche del terreno, della disponibilità di nutrienti e dal carbonio traslocato alla parte aerea (Neri e Savini, et al., 2006); centrifuga perché tende ad allontanarsi dal punto di origine.

Lo sviluppo di un apparato radicale, e quindi dell'intera pianta, è inoltre regolato da dei meccanismi di comunicazione con gli altri organismi ed elementi presenti nel sistema suolo. Le radici sono in grado infatti di comunicare tra loro attraverso meccanismi di allelopatia, attraverso il rilascio di sostanze del metabolismo delle stesse, come ad esempio metaboliti secondari, che inibiscono la crescita e lo sviluppo di piante concorrenti vicine.

1.3 Studio dell'apparato radicale

L'apparato radicale svolge tre funzioni fondamentali per la pianta: l'ancoraggio al suolo, l'assorbimento delle sostanze nutritive dalla soluzione circolante nel suolo e il trasporto di sostanze nutritive alla parte aerea.

Per conoscere a fondo tutti questi aspetti è necessario procedere allo studio delle radici con differenti approcci, ognuno dei quali può darci informazioni utili alla comprensione di questo apparato così importante per le piante.

1.3.1 Morfologia radicale

Lo studio della morfologia radicale corrisponde allo studio della forma delle radici, ci permette cioè di conoscerne le caratteristiche esterne.

Innanzitutto, è importante conoscere la lunghezza e il diametro di quest'ultime, possiamo così dividerle in radici di grosse dimensioni come le portanti o di supporto (diametro > 5mm), radici di medie dimensioni come le trasmigranti o pioniere (diametro tra 1 e 5mm), e radici

fini assorbenti (diametro < 1mm). Alle diverse dimensioni corrispondono infatti diverse funzioni e quindi capire la distribuzione nello spazio delle varie classi di radici può fornire informazioni: nella zona in cui avviene la formazione di laterali fini probabilmente è massimo l'assorbimento di nutrienti e acqua, maggior presenza di radici a diametro grande o medio indica l'abbandono della nicchia già sfruttata con necrosi delle radici fini. È possibile quindi dividere il volume radicale in zone di esplorazione, di assorbimento e di abbandono (D. Neri, G. Savini, et al., 2006).

Altri aspetti dello studio della morfologia radicale sono: la densità e la distribuzione delle radici laterali, la presenza o meno di peli e il colore della radice.

Tutte queste caratteristiche sono influenzate dall'ambiente esterno oltre che dall'età e dalla specie della pianta.

1.3.2 *Anatomia radicale*

L'anatomia è lo studio delle caratteristiche interne della radice, ci dà quindi una visione più approfondita della singola radice piuttosto che dell'intero apparato.

È possibile dividere ogni radice in varie zone: partendo dalla fine troviamo la zona meristemica, essa termina con l'apice radicale che è rivestito da mucigel: un insieme di sostanze gelatinose con varie funzioni. Attraverso la divisione delle cellule meristematiche in questa zona avviene l'allungamento radicale.

Sopra la zona meristemica troviamo la zona di allungamento, di seguito la zona di maturazione (pilifera) e infine la zona di crescita secondaria dove si differenziano i vari tessuti della radice adulta.

Al centro della radice si trova il midollo con vasi xilematici e floematici adibiti al trasporto di acqua, sostanze nutritive e fotosintetati. Questi sono circondati dal periciclo che dà origine alle radici secondarie (laterali).

Esternamente al periciclo troviamo l'endoderma formato da cellule lignificate, la zona più esterna prende invece il nome di epiderma.

1.3.3 *Architettura radicale*

Studiare l'architettura della radice, vuol dire studiarne la disposizione spaziale delle singole parti, in vista dell'espletamento delle funzioni dell'apparato radicale (Mosca et al. 2000).

La crescita verticale delle radici è fortemente influenzata dalla genetica della pianta, ma non solo, infatti sono anche determinanti le condizioni del suolo su cui si sviluppa (Ostonen, et al., 2005), i parametri che influiscono sono la presenza di nutrienti, acqua e sostanze allelopatiche.

La lavorazione del suolo influenza lo sviluppo radicale solo nei primi strati (0-25 cm) dove, comunque, troviamo la maggior percentuale di sviluppo dell'apparato radicale; inoltre, alcune prove indicano una distribuzione più profonda dell'apparato radicale nel suolo di controllo rispetto a dove vengono effettuate lavorazioni del terreno (M.C. Sanchez, et al., 2005).

Osservare direttamente come sviluppa l'architettura radicale è ovviamente impossibile senza causare interferenze, si è provato quindi a sviluppare un modello realistico che simuli la crescita delle radici a seguito di determinati stimoli ambientali.

I parametri ambientali che influenzano la radice sono molteplici e nessun modello finora proposto riesce ad essere esaustivo.

Neri e Savini nel 2006 hanno descritto con un esperimento la crescita e la disposizione spaziale delle radici di fragola in presenza di eluati o residui di fragola in determinati punti del suolo. In rizotroni a finestra, è stata descritta l'influenza di residui colturali sull'architettura radicale ed evidenziata la sensibilità autopatica delle radici primarie e la selettività della ramificazione laterale.

1.3.4 *Distribuzione spaziale radici*

La densità delle radici è calcolata come peso o lunghezza per unità di volume di suolo, e può essere considerata in funzione di profondità, distanza dal tronco o da altre piante (Russell, 1977).

Questo tipo di studio non prende in considerazione né l'architettura né l'anatomia o la morfologia radicale, dando comunque una visione d'insieme dell'apparato.

Attraverso rilievi puntuali eseguiti in posizioni diverse (diverse profondità o distanze) è possibile stimare la reale distribuzione di un apparato radicale, valutare l'affinità/disaffinità tra piante di diverse specie o anche con gli altri elementi presenti nel sistema suolo.

1.3.5 *Metodi di studio della radice*

Esistono vari metodi di studio per osservare l'apparato radicale delle piante, tutti comportano però alcune difficoltà date principalmente dal fatto che il suolo non è trasparente ed è impossibile osservare le radici nel loro substrato naturale senza interferire.

Nessuno di questi metodi è dunque esaustivo ed ognuno ci permette di ottenere un tipo di informazioni diverse dall'altro, quindi sta a noi decidere quale metodo usare in base all'obiettivo finale.

Principalmente i metodi di studio delle radici si dividono in diretti e indiretti.

Tra i diretti troviamo i metodi distruttivi come l'escavazione, il monolite e il carotaggio.

L'escavazione comporta l'esportazione dell'intero apparato che viene pulito e analizzato, il principale svantaggio è la perdita delle radici più fini e l'impossibilità di vedere la posizione originale delle radici nel suolo.

Il monolite non è altro che un'escavazione parziale, questo ci permette di conoscere la posizione originale delle radici ma resta la perdita delle assorbenti più fini.

Il terzo metodo prevede il prelievo di diverse porzioni di terreno a più distanze e profondità tramite un cilindro graduato, il suolo così ottenuto verrà poi separato dalle radici tramite setacci, tale procedimento ci consente di recuperare anche le radici più piccole.

Sempre tra i metodi diretti possiamo trovare quelli conservativi, che non comportano la distruzione dell'apparato radicale.

Il primo metodo inventato è stato la trincea a finestra che implica l'inserimento nel suolo, ad una certa distanza dalla pianta, di una lastra trasparente che ci permette di vedere come si sviluppa l'apparato radicale lungo il profilo del suolo, la velocità di crescita e il ricambio.

La difficoltà di tale operazione ha portato successivamente all'invenzione dei rizotroni, contenitori trasparenti di diametro ridotto. Sulle pareti vengono poi misurate le dimensioni delle radici, il principale svantaggio di questo metodo è l'allontanamento della pianta dal suo substrato naturale.

Esistono anche alcuni metodi indiretti: lo studio della quantità di nutrienti nella parte epigea ci offre una valutazione del ritmo di assorbimento radicale o anche, stimando il contenuto di deuterio nelle piante si può valutare il grado di sviluppo verticale dell'apparato radicale lungo il profilo del suolo (Caldwell et al. 1989).

2. MATERIALI E METODI



Figura 2: l'albicoccheto dopo l'applicazione localizzata di fertilizzante organico su un lato della fila interrato nei primi centimetri di profondità

1.1. L'albicoccheto

L'esperimento è stato condotto in un albicoccheto situato presso il CREA di Roma (41°47'56.2"N 12°34'19.5"E) coltivato esclusivamente in biologico, il campo è stato realizzato nel marzo del 2017 con irrigazione localizzata sulla fila e potatura verde primaverile.

Il sesto d'impianto è 4,40m (distanza interfila) x 3,00 m (distanza fila) per un totale di 252 alberi per ettaro.

Nella prova sperimentale oggetto della tesi è stata considerata la cultivar Pieve, innestata su Mirabolano. Per valutare la gestione del sottofila e dell'interfila sono stati effettuati tre trattamenti: BAU (business as usual), ICC (inerbimento con colture di copertura) e INC (inerbimento naturale di copertura).

Nel trattamento di tipo BAU il cotico è lasciato crescere spontaneamente e sfalciato due volte in autunno e primavera, con lavorazione superficiale autunnale.

ICC corrisponde a due mix di colture di copertura, uno a scopo rinettante sulla fila e sulla parte esterna delle file (*Lolium multiflorum* + *Sinapis alba* + *trifolium repens*, fino al 2019 l'unico ad emergere era il *Lolium*) e una striscia fiorita centrale (*Phacelia tanacetifolia* + *Coriandrum sativum* + *Borrago officinalis*) di un metro con semina autunnale e sfalcio in primavera (mantenuta fino a completamento della fioritura). Le spontanee sono quindi gestite con i lavori preparatori alla semina in autunno (contemporanei alla lavorazione su BAU) e dallo sfalcio primaverile della copertura.

L'ultimo trattamento, INC, non prevede alcuna lavorazione, due sfalci (primaverile e autunnale) e trinciatura lasciata in loco.



Figura 3: filari con trattamento ICC, si nota la facelia in fioritura e la grande biomassa erbacea in crescita a fine primavera. L'albicocco è in crescita.

Per lo studio delle radici si è utilizzata la tecnica del carotaggio, sono stati effettuati prelievi di suolo nell'interfila a 20 cm dal fusto, tutti a sud-ovest rispetto alla pianta in data 24/10/2019.

Nello stesso punto sono stati raccolti campioni di suolo a due profondità diverse: 0-10 cm e 10-20 cm.

1.2. Isolamento ed analisi radici in laboratorio

I campioni raccolti sono stati portati nel laboratorio di arboricoltura ed ecofisiologia vegetale dell'Università Politecnica delle Marche (D3A). Per prima cosa abbiamo fatto seccare i campioni di suolo con radici in stufa a 65°C per poter poi rilevare il peso secco dei campioni con l'ausilio di una bilancia.



Figura 4: peso del suolo essiccato

Dopodiché, utilizzando dei setacci in acciaio con maglia di dimensioni via via decrescenti posti l'uno sopra l'altro, il campione è stato setacciato per poter estrapolare tutte le radici dal suolo. Per poter permettere al suolo di disgregarsi e scendere lungo i vari setacci è stato necessario bagnarlo e con l'aiuto di una spatola creare una sorta di amalgama.



Figura 5: setacciatura suolo

Una volta che le radici erano più visibili e staccate dal suolo è stato possibile isolarle in piastre Petri con l'ausilio di pinzette da laboratorio.

Non sempre tutto il suolo scende attraverso i setacci e trovare le radici più fini risulta un procedimento laborioso che richiede tempo.



Figura 6: suolo setacciato

Una volta isolate le radici nelle piastre Petri sono state riposte in stufa, dopodiché sono state divise le radici delle graminacee da quelle delle piante arboree e scannerizzate per ottenere immagini da cui è stato poi possibile ricavare le misure di lunghezza media, lunghezza totale, diametro medio e volume totale delle radici, attraverso uno specifico programma di misurazione delle radici (Winrhizo, Reagent instruments Inc, Quebeq, Canada, 2000).

Dopo averle scannerizzate abbiamo diviso le radici tra pioniere, assorbenti e spontanee per poter rilevare i pesi secchi di ogni tipologia di radice.

La divisione tra pioniere e assorbenti è stata fatta in base alla lunghezza e al diametro delle radici, in quanto le assorbenti sono più piccole e fine per poter assolvere meglio al loro compito di assorbimento dei nutrienti e dell'acqua.



Figura 7 e 8: radici su piastre Petri

Partendo dai dati ricavati dalle misure dei pesi secchi, abbiamo calcolato poi la densità radicale, che consiste nel rapporto tra peso di radici e peso del suolo del campione. In questo modo si può escludere la variabilità tra le dimensioni dei diversi campioni.

3. RISULTATI

Analizzando i dati relativi ai pesi secchi delle diverse tipologie di radici, suddivise in radici pioniere, assorbenti e delle specie erbacee spontanee, vediamo nei seguenti grafici le differenze che sono state evidenziate in rapporto alla profondità del carotaggio e dei trattamenti considerati.

In figura 8, possiamo notare che risulta significativa la differenza di peso, delle radici spontanee tra le due profondità considerate. Nello strato di suolo più superficiale si evidenzia una maggiore presenza di questo tipo di radici.

Ciò è giustificato dal fatto che le piante erbacee hanno uno sviluppo radicale meno profondo rispetto alle arboree, è quindi coerente riscontrare questo risultato.

La differenza tra radici assorbenti e pioniere è risultata significativa solo nello strato di suolo più profondo, in cui le pioniere risultano maggiormente rappresentate. Questo dato può significare che la pianta sta cercando nuove nicchie di suolo ricche di sostanze nutritive e acqua mandando in esplorazione le radici pioniere. Occorre ricordare che siccome siamo in un impianto giovane le radici stanno iniziando ad esplorare il profilo e si stanno approfondendo. A maturità le radici delle piante arboree da frutto esplorano in modo prevalente i primi 40-80 cm a seconda della tipologia del suolo.

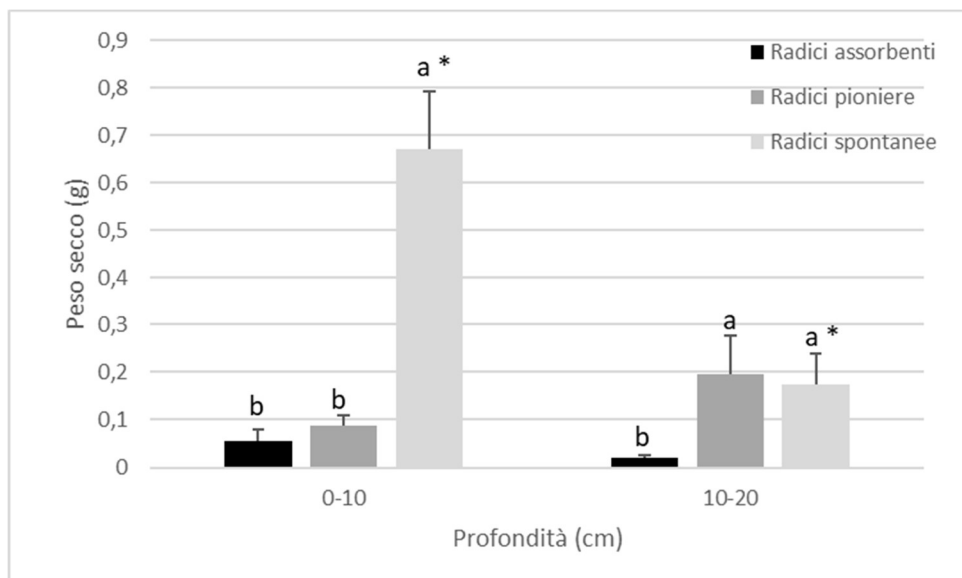


Figura 8 : Peso secco delle tre tipologie di radici analizzate, estratte da carotaggi a due diverse profondità. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse dentro ogni strato e asterischi fra colonne di strati diversi indicano differenze significative (test t-student)

In figura 9 sono rappresentati i pesi secchi delle tipologie di radici e le loro differenze nei trattamenti considerati. L'unico dato che risulta significativo è la marcata presenza di radici spontanee in tutti e tre i trattamenti. Il loro peso è infatti sempre maggiore rispetto al peso delle radici delle piante arboree sia assorbenti che pioniere. Sebbene le radici pioniere siano sempre presenti in quantità superiore rispetto alle radici assorbenti le differenze non sono risultate significative.

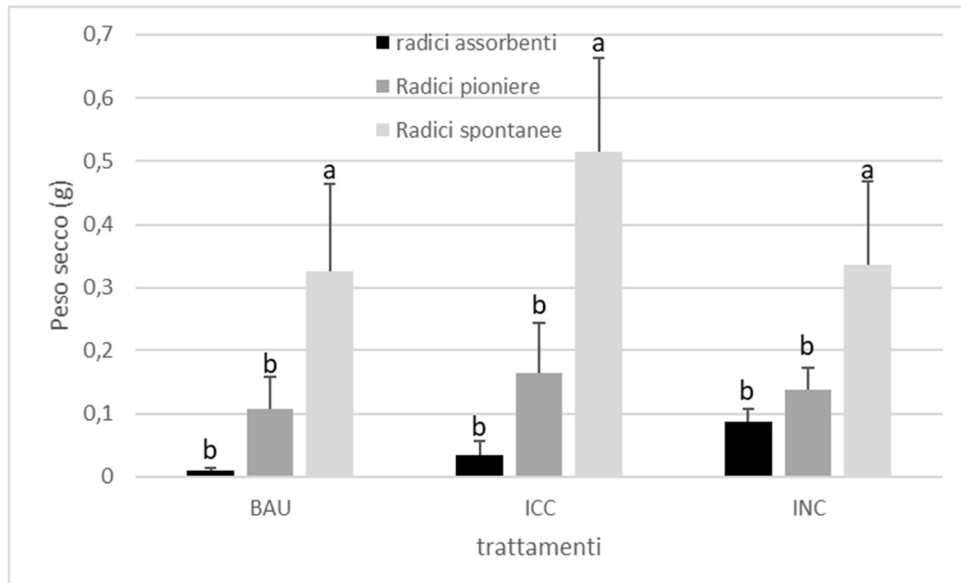


Figura 9 : Peso secco delle tre tipologie di radici analizzate, estratte da carotaggi nei tre diversi trattamenti. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative all'interno dello stesso trattamento (test t-student)

Nella figura 10 risulta significativa la differenza di densità delle radici spontanee nelle due differenti profondità. Coerentemente a quanto risulta dal primo grafico (figura 8), nello strato più superficiale di suolo le radici delle erbacee risultano molto più rappresentate rispetto allo strato sottostante.

Al contrario, è maggiore la densità di radici pioniere nella profondità compresa tra i 10 e i 20 centimetri rispetto alle radici assorbenti.

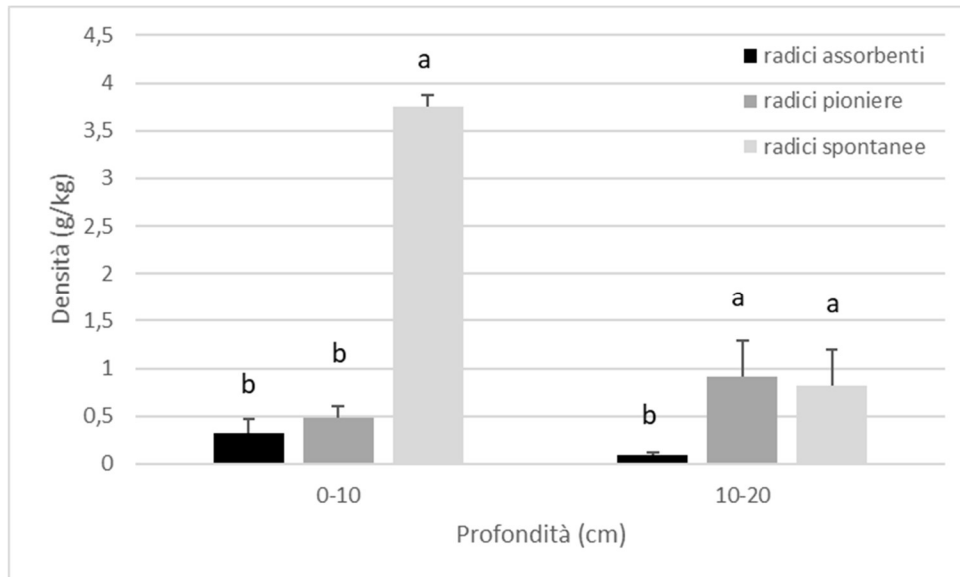


Figura 10: *Densità delle tre tipologie di radici analizzate, estratte da carotaggi a due diverse profondità. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative all'interno dello stesso strato (test t-student)*

In figura 11, analogamente al grafico 2, l'unico dato significativo è la maggiore rappresentanza di radici spontanee in tutti e tre i trattamenti rispetto alle radici delle piante arboree.

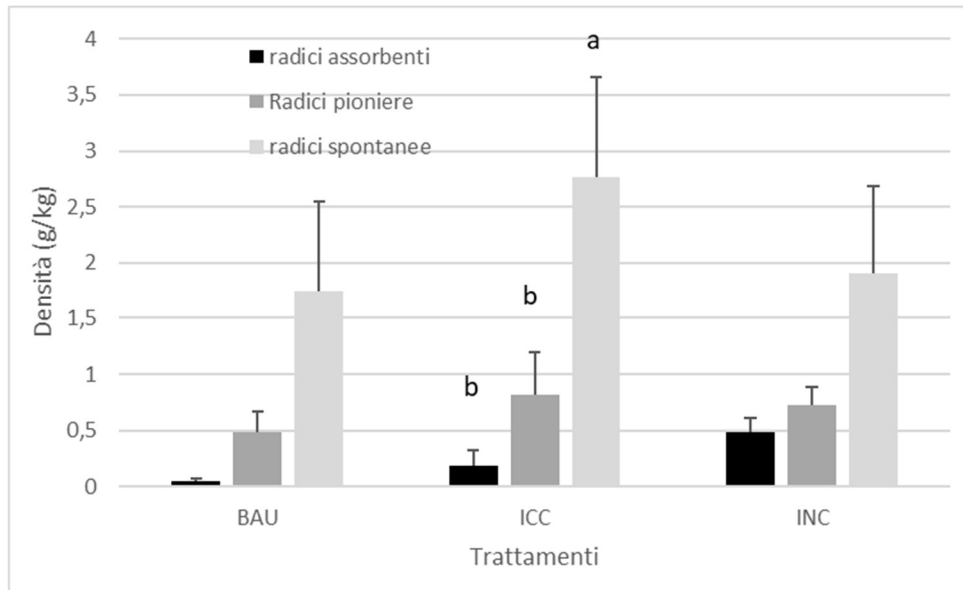


Figura 11: Densità delle tre tipologie di radici analizzate, estratte da carotaggi nei tre diversi trattamenti. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative all'interno dello stesso trattamento (test t-student)

In figura 12 sono rappresentati i dati di densità radicale trasformati (radice quadrata dell'arcoseno), con questo grafico possiamo vedere come nel trattamento di tipo INC le radici assorbenti siano maggiormente rappresentate rispetto agli altri due trattamenti.

Questo tipo di tecnica colturale non prevede nessuna lavorazione e solamente due sfalci con la trinciatura lasciata in loco. Possiamo dedurre da questo risultato che il trattamento INC è il più favorevole allo sviluppo di radici arboree a scapito delle erbacee, in quanto vi è un lieve aumento pure delle radici pioniere e una diminuzione delle radici delle spontanee, anche se le differenze non sono significative.

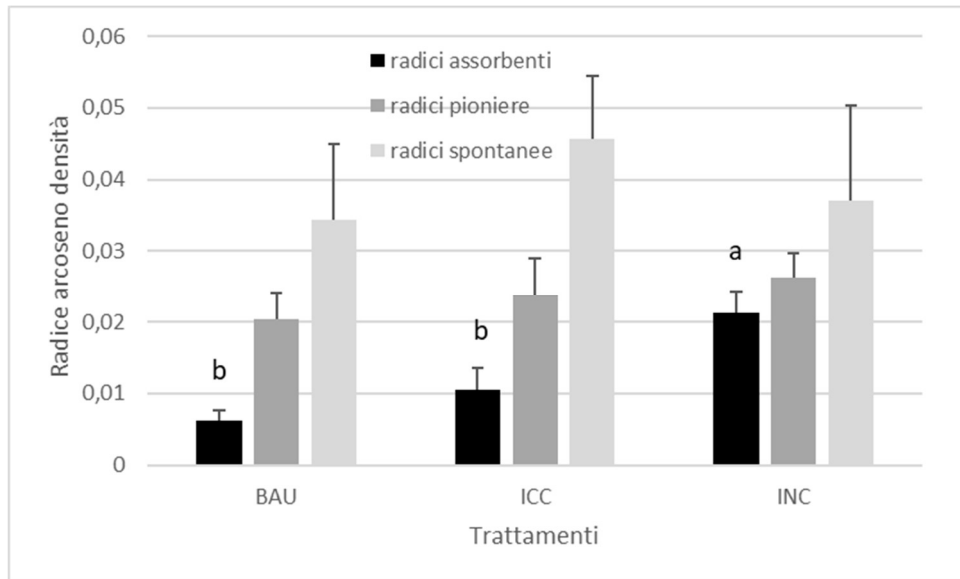


Figura 12: Radice quadrata dell'arcoseno delle densità, delle tre tipologie di radici analizzate, nei tre diversi trattamenti effettuati. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative fra radici assorbenti nei diversi trattamenti (test t-student)

Il rapporto tra il peso delle radici assorbenti e pioniere è rappresentato in figura 13 per quanto riguarda la differenza tra le due profondità. il rapporto tra assorbenti e pioniere è risultato maggiore nei primi dieci centimetri di suolo, risultato coerente agli altri grafici esaminati.

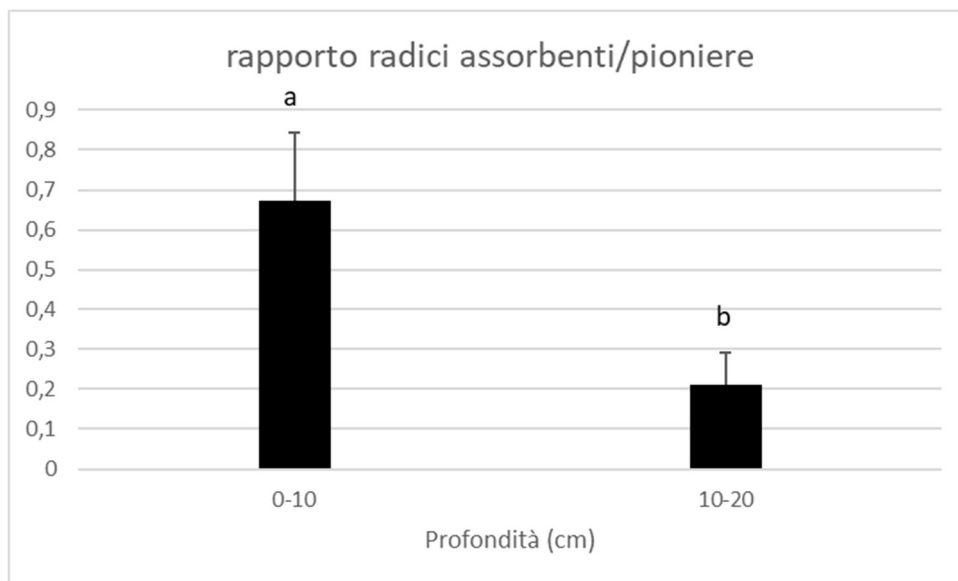


Figura 13: Rapporto tra radici assorbenti e radici pioniere, estratte da carotaggi a due diverse profondità. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative (test t-student)

L'analisi dei risultati ottenuti tramite Winrhizo è rappresentata nei seguenti grafici.

In figura 14 si nota una maggior lunghezza totale delle radici di albicocco rispetto alle spontanee, anche se i risultati non risultano significativi. Risulta invece significativa la differenza tra la lunghezza totale delle radici di albicocco nel trattamento di tipo INC rispetto agli altri due trattamenti.

INC ha infatti permesso un maggior sviluppo radicale dell'albicocco.

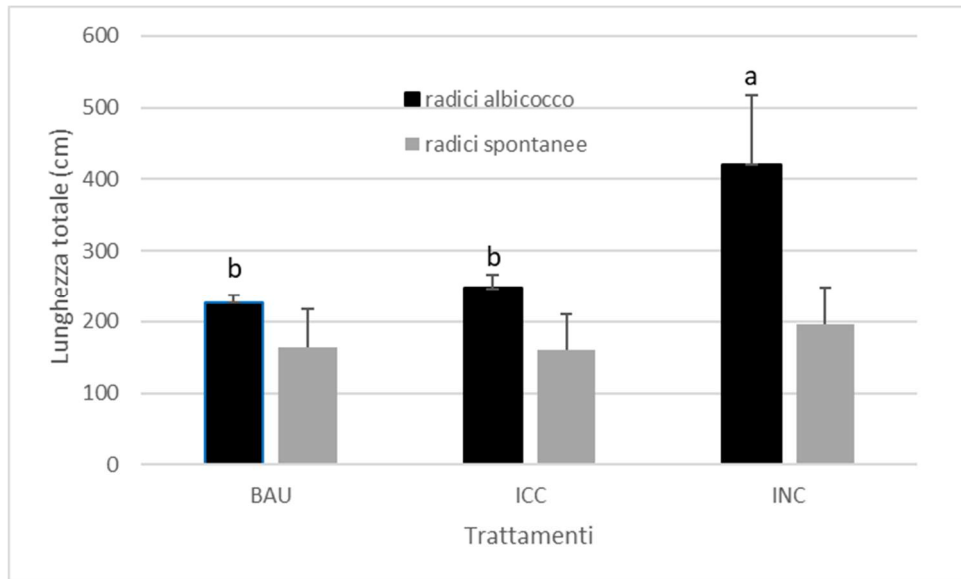


Figura 14: Lunghezza totale delle radici di albicocco e spontanee, nei tre diversi trattamenti. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative fra trattamenti per lo stesso tipo di radice (test t-student)

Se consideriamo invece le differenze tra le due profondità, in figura 15 possiamo vedere che la lunghezza totale delle radici spontanee sia significativamente maggiore nei primi dieci centimetri di suolo. Non risulta significativa la stessa differenza per le radici dell'albicocco.

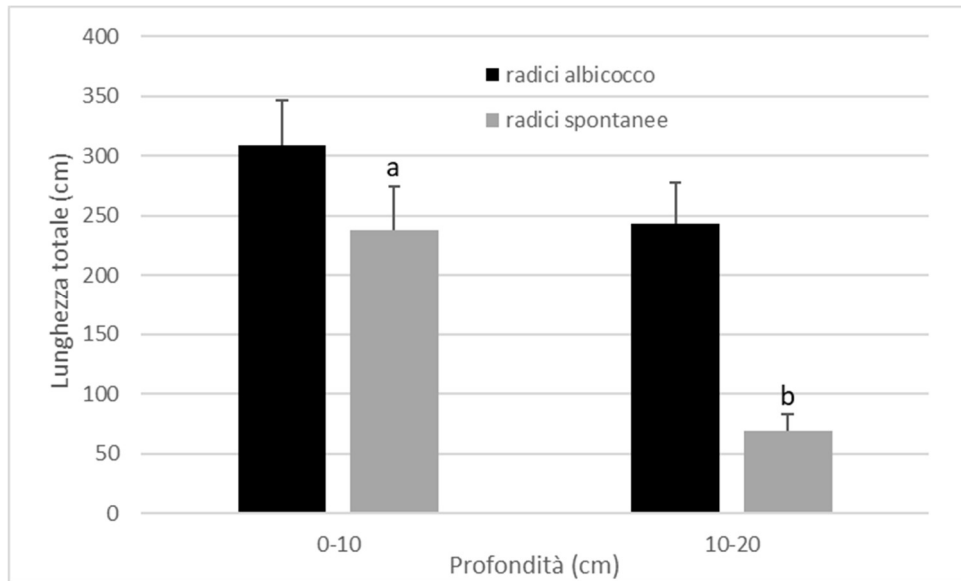


Figura 15: Lunghezza totale delle radici di albicocco e spontanee, estratte da carotaggi a due diverse profondità. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative fra lo stesso tipo di radici a due diverse profondità (test t-student)

Calcolando il rapporto tra lunghezza e volume delle radici si può valutare la tipologia di radici presenti, in quanto un valore alto del rapporto indica radici con una maggiore lunghezza a parità di volume.

Come vediamo in figura 16, si nota una significativa differenza tra le radici delle spontanee e dell'albicocco, infatti nel caso di questa prova sperimentale, le radici delle spontanee individuate erano quasi esclusivamente di *Cynodon dactylon* (gramigna), con diametri elevati rispetto alla lunghezza.

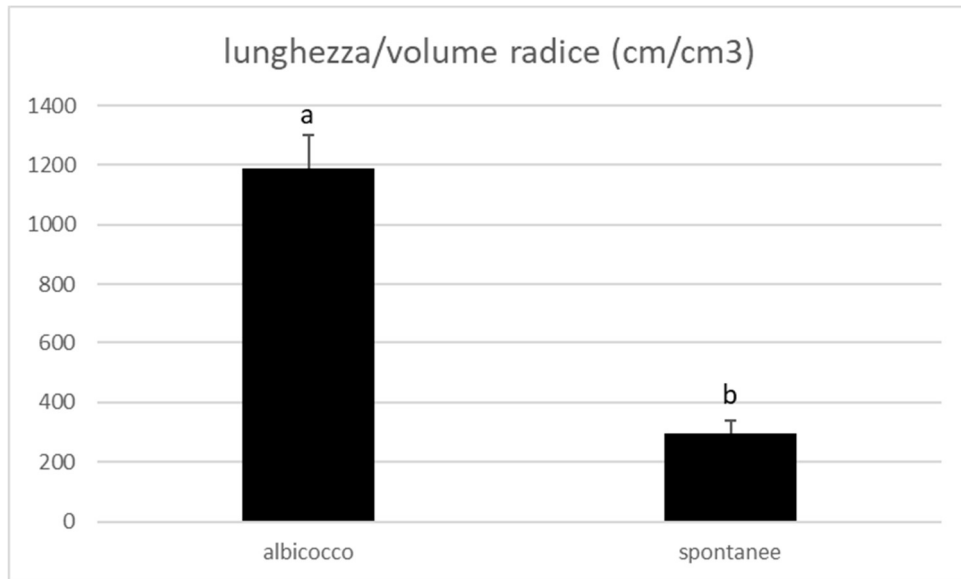


Figura 16: Rapporto tra la lunghezza e il volume delle radici di albicocco e delle piante spontanee. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative (test t-student)

Da quest'ultimo grafico (figura 17) viene confermato quanto emerso nel grafico precedente, cioè che il diametro medio delle radici spontanee è maggiore rispetto a quello delle radici dell'albicocco.

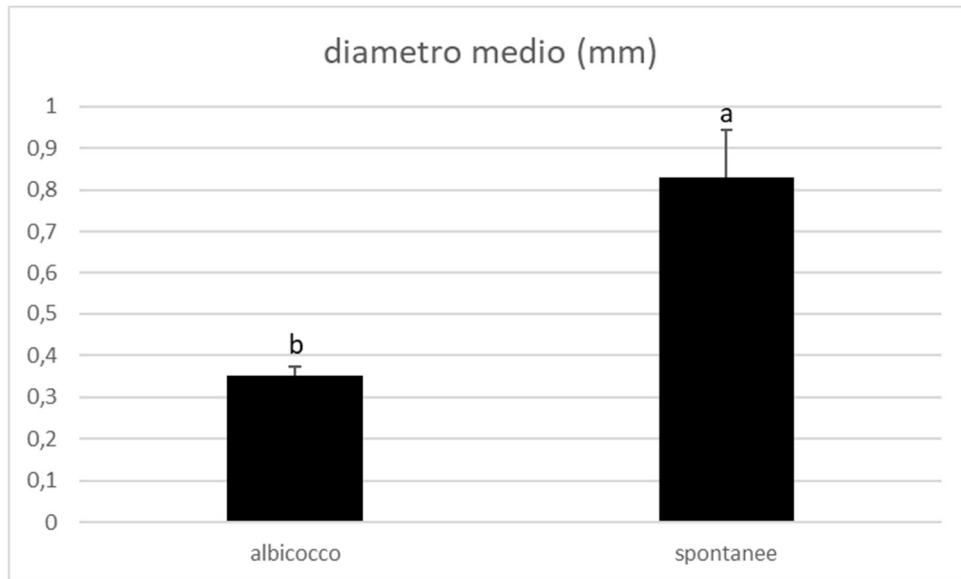


Figura 17: Diametro medio delle radici, confronto tra albicocco e piante spontanee. Barre di errore rappresentano Errore Standard, lettere diverse indicano differenze significative (test t-student)

CONCLUSIONI

Le piante di albicocco oggetto di questa tesi di laurea sono coltivate con diversa gestione del sottofila. A 2 anni e mezzo dall'impianto è stato effettuato un carotaggio per valutare lo sviluppo radicale a 20cm dal fusto a due profondità.

Risulta evidente dall'elaborazione dei risultati come le radici delle piante spontanee siano più presenti nei primi centimetri di suolo, e scendendo con la profondità diminuiscano notevolmente.

Questo risultato è giustificato da uno sviluppo più superficiale dell'apparato radicale delle specie erbacee rispetto a quello delle arboree, le cui radici sono più rappresentate nello spazio sottostante compreso tra i 10 e i 20 cm di profondità.

Inoltre, le radici delle spontanee dimostrano avere un diametro maggiore rispetto a quello delle piante arboree, in quanto appartenevano quasi esclusivamente alla specie *Cynodon dactylon* (gramigna).

Confrontando i tre diversi trattamenti agronomici utilizzati (BAU, ICC, INC) vediamo che, considerando il peso secco e la densità di radici nel suolo, è evidente la maggior presenza in tutti i trattamenti delle radici delle piante erbacee rispetto a quelle delle piante arboree.

Se valutiamo invece le lunghezze medie calcolate attraverso il programma Winrhizo, si nota che le radici di albicocco hanno avuto un maggior sviluppo rispetto alle spontanee in tutte le tesi considerate.

La misura delle lunghezze radicali fornisce un'informazione sulla reale crescita e diffusione delle radici in funzione dell'assorbimento e dell'esplorazione del terreno, sganciandosi dalle dimensioni radicali che dipendono anche da altre funzioni quali l'accumulo di riserve, tipiche dei fusti sotterranei (rizomi) della gramigna.

D'altro canto la misura dei pesi secchi ci permette di avere una visione della sostanza organica utilizzata dalle piante per formare radici.

Mentre con la lunghezza è più facile confrontare tipologie di radici differenti (ad esempio con diametri notevolmente diversi tra loro).

Considerando i pesi secchi emergono differenze significative anche tra le radici pioniere e assorbenti degli albicocchi in base alle diverse tipologie di gestione (trattamenti) del suolo.

In questo caso è stato necessario elaborare i dati dopo trasformazione in radice quadrata dell'arcoseno delle densità, per eliminare parte della variabilità intrinseca nei dati di sviluppo radicale espressi come densità.

Notiamo un incremento significativo delle radici assorbenti nel suolo circostante le piante coltivate con trattamento INC rispetto agli altri due trattamenti.

Risultato confermato anche dalla lunghezza totale delle radici delle piante arboree, che nel trattamento INC risulta significativamente maggiore, possiamo quindi dedurre che tale trattamento è il più favorevole allo sviluppo dell'apparato radicale dell'albicocco.

La maggiore crescita radicale dell'albicocco può essere considerata positivamente in funzione di una maggiore resilienza dell'albero a periodi di stress (temperature elevate o siccità) estivi, ma ovviamente potrebbe essere considerato anche un maggiore costo per impianti intensivi, soprattutto se risultasse associato a un ritardo di entrata in produzione.

Un altro risultato significativo è la differente quantità, sia considerando il peso che la densità, delle radici pioniere rispetto alle assorbenti scendendo lungo il profilo del suolo.

Aumenta infatti la rappresentanza di radici pioniere presenti nello strato di suolo compreso tra i 10 e 20 centimetri, mentre diminuisce la quantità delle radici più fini.

Questo risultato ci suggerisce che l'albero sta cercando nuove nicchie di suolo, più ricche di sostanze nutritive o semplicemente utili per superare periodi di stress, mandando in esplorazione le sue radici pioniere verso gli strati più profondi del suolo.

BIBLIOGRAFIA

- M.C. Ruiz-Sa'nchez, V. Plana, M.F. Ortuno, L.M. Tapia & J.M. Abrisqueta, 2005. Spatial root distribution of apricot trees in different soil tillage practices. *Plant and Soil*, 272: 211–221.
- D. Neri & G. Savini, 2006. Crescita e struttura radicale della fragola: impatto dei residui organici. *Italus Hortus* 13 (3).
- D. Neri, F. Massetani, G. Murri, S.T. Endeshaw, 2015. Aspetti energetici nella conduzione del frutteto. *Notiziario tecnico. Sostenibilità dei nuovi sistemi di impianto in frutticoltura. CRPV*, pp. 7.
- D. Neri, F. Massetani, G. Murri, S. Musacchi, F. Gagliardi, D. Bucci, S. Serra, V. Ancarani, L. Castellari, P. Sgarbi, 2015. Valutazione agronomica e sostenibilità dei sistemi di impianto di albicocco e ciliegio. *Notiziario tecnico. Sostenibilità dei nuovi sistemi di impianto in frutticoltura. CRPV*, pp. 35-39.
- A. Leccese & Sylvie Bureau & Maryse Reich & M. G. C. Catherine Renard & Jean-Marc Audergon & Carmelo Mennone & Susanna Bartolini & Raffaella Viti, 2010. Pomological and Nutraceutical Properties in Apricot Fruit: Cultivation Systems and Cold Storage Fruit Management. *Plant Foods Hum Nutr* 65:112–120.
- S. Sansavini e D. Neri, 2005. Forme d'allevamento e potatura del pesco. *Edagricole*: 115-143.
- Andreoli, Antonaroli, Avanzato, Bergamini, Caccamisi, Fontanazza, Forte, Gardini, Iacono, Insero, Limongelli, Losi, Monastra, Sereni, Starrantino, Todde, Vezzalini, 1988. *Frutticoltura alpi-selvicoltura genio rurale. REDA*, pp. 190-191.
- S.A. Belmonte, E. Bonifacio, S. Stanchi, E. Zanini, 2012. Effetti della gestione dell'interfilare sulla vulnerabilità di suoli a vigneto in versanti collinari. *IV Convegno Nazionale di Viticoltura (CONAVI)*.
- E. Testani, C.Ciaccia, G. Campanelli, F. Leteo, L. Salvati e S. Canali, 2019. Mulch-Based No-Tillage Effects on Weed Community and Management in an Organic Vegetable System. *Agronomy*, 9, 594.

- M.A. Altieri, 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 19–31.
- Russell R 1977. *Plant root system*. McGraw Hill, Maidenhead (UK).
- Mosca G and Vamerli T 2000. *Obiettivo radice: metodi di studio e risultati ottenuti in ambiente mediterraneo*. CLEUP, Padova.
- Ostonen I., K. Lohmus, K. Pajuste, 2005. Fine root biomass, production and its proportion of NPP in a fertile middle-aged Norway spruce forest: Comparison of soil core and ingrowth core methods. *Forest Ecology and Management* 212, 264–277.
- Caldwell M and Virginia R 1989. *Root Systems* (chp. 16). In: *Plant physiological ecology*. Ed. Chapman and Hall.
- F. Zucconi, D. Neri, L. Brunzini e P. Sabbatini, 1996. *Nanizzazione delle piante arboree*.

