



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO

**GESTIONE DEL SOTTOFILO IN OLIVETI AD
ALTA DENSITA'**

**Tree row management techniques in high density olive's
orchards**

TESI SPERIMENTALE

**Laureando
ALBERTO de IUDICIBUS**

Alberto de Iudicibus

**Relatore
PROF. DAVIDE NERI**

De Neri

**Correlatore
DOTT.SSA VERONICA GIORGI**

Veronica Giorgi

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

*Ai miei genitori Fortunato e Franca ed a
Chiara la mia fidanzata che mi è stata sempre
vicina negli anni trascorsi all'università...*

INDICE

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1 L'APPARATO RADICALE DELL'OLIVO: "THE HIDDEN HALF"	4
1.1 MORFOLOGIA E DIFFERENZIAZIONE DELL'APPARATO RADICALE	5
1.2 SVILUPPO DELL'APPARATO RADICALE: IL MODELLO A/R.....	6
1.3 DINAMICHE DI CRESCITA RADICALE	8
1.4 CRESCITA STAGIONALE DELLA RADICE DI OLIVO	10
1.5 DISTRIBUZIONE DELL'APPARATO RADICALE	11
CAPITOLO 2 TECNICHE DI GESTIONE DEL SUOLO NELL'OLIVETO ...	13
2.1 LAVORAZIONI	14
2.2 INERBIMENTO	15
2.3 DISERBO CHIMICO	17
CAPITOLO 3 SISTEMI DI GESTIONE DEL SOTTOFILA	18
3.1 DISERBO CHIMICO	18
3.2 GESTIONE MECCANICA	19
3.3 PACCIAMATURA.....	20
3.3.1 PACCIAMATURA VIVA	21
3.3.2 PACCIAMATURA CON MATERIALI ORGANICI O SINTETICI....	23
3.4 TECNICHE INNOVATIVE PER LA GESTIONE DEL SOTTOFILA	26
3.5 TECNICHE DI GESTIONE DEL SOTTOFILA E SVILUPPO DELL'APPARATO RADICALE	28
CAPITOLO 4 METODI DI STUDIO PER L'APPARATO RADICALE IN CAMPO	30
4.1 METODI DIRETTI PER LO STUDIO DELL'APPARATO RADICALE ...	30
4.2 METODI INDIRETTI PER LO STUDIO DELL'APPARATO RADICALE	32
4.3 PARAMETRI UTILIZZATI PER DESCRIVERE LO SVILUPPO DELL'APPARATO RADICALE	33

CAPITOLO 5 OBIETTIVI DELLA TESI	35
CAPITOLO 6 PARTE SPERIMENTALE	36
6.1 DESCRIZIONE DEL SITO DIMOSTRATIVO	36
6.2 PROGETTAZIONE DIMOSTRATIVA	37
6.3 MATERIALI E METODI.....	39
6.4 RISULTATI E DISCUSSIONE.....	45
6.4.1 TRATTAMENTO N° 1: CONTROLLO LAVORATO	45
6.4.2 TRATTAMENTO N°2: DISERBATRICE GRASSKILLER.....	49
6.4.3 TRATTAMENTO N°3: PACCIAMATURA.....	56
6.4.4 VARIAZIONI IN ACCRESCIMENTO DELLA PORZIONE AEREA.....	61
CAPITOLO 7 CONCLUSIONI	63
BIBLIOGRAFIA.....	68

INTRODUZIONE

Negli ultimi venti anni lo studio del suolo e della radice hanno ricevuto una crescente attenzione da parte dei ricercatori, grazie all'introduzione di nuove tecniche per il monitoraggio e per lo studio dello sviluppo dell'apparato radicale; alla necessità di comprendere le relazioni all'interno della rizosfera; comprendere l'influenza dei fattori biotici ed abiotici sulla crescita della radice; arrivare a conoscere le basi chimiche dell'interazione tra suolo e radici (*Ephrath et al.*, 2020).

Diversi sono i programmi di ricerca indirizzati al miglioramento della produttività delle piante di olivo, ed al miglioramento della qualità dei frutti prodotti. Numerosi lavori si concentrano sullo studio della porzione aerea della pianta, direttamente osservabile, trascurando quella radicale. Ma lo sviluppo di quest'ultima è direttamente correlato con quello della porzione aerea, e lo studio dell'una non può prescindere dall'altra (*Zucconi*, 2003).

Visto il crescente interesse rivolto verso l'olivicoltura ad alta densità in Italia e negli altri Paesi a vocazione olivicola, come alternativa agli impianti olivicoli tradizionali, oltre alla crescente sensibilità del mondo scientifico verso la salvaguardia della risorsa suolo da problemi quali erosione ed inquinamento; la presente tesi, strutturata in due parti, si pone i seguenti obiettivi: nella prima parte di passare in rassegna una serie di tecniche per la gestione del suolo nell'interfilare e nel sottofila di oliveti ad alta densità, discutendo delle principali problematiche connesse all'impiego dell'una o dell'altra tecnica; nella parte sperimentale l'obiettivo è di studiare la variazione della densità radicale dell'olivo nei primi anni d'impianto, con le differenti tecniche di gestione del sottofila.

Il fine ultimo è quello di ricercare valide alternative alle tecniche di gestione del suolo tradizionali, che possano migliorare lo sviluppo dell'apparato radicale (che si riflette di conseguenza sulla porzione aerea), ed allo stesso tempo siano in grado di ridurre le problematiche connesse allo sfruttamento del suolo a fini produttivi.

Capitolo 1

L'APPARATO RADICALE DELL'OLIVO: "THE HIDDEN HALF"

L'apparato radicale viene definito "The Hidden Half" (*Waisel, 1991*), enfatizzando l'importanza per la funzionalità dell'intera pianta. Assolve a tre funzioni fondamentali: assorbimento dell'acqua e delle sostanze nutritive dalla soluzione circolante del suolo; ancoraggio della pianta al suolo; trasporto dei nutrienti alla parte aerea (*Fitter, 1996*).

Il sistema radicale svolge anche una importante funzione organizzativa della cenosi interagendo con le altre piante presenti, e si compone di: radici assorbenti, radici di transizione, di conduzione e radici principali, secondo la classificazione di *Kolesnikov (1971)*.

Le **radici assorbenti**: hanno diametro < 2 mm; sono bianche, traslucide e caratterizzate da una struttura anatomica primaria; sono destinate a non ramificarsi. Sono fisiologicamente molto attive e rappresentano circa il 5-10% in peso dell'intero sistema radicale di un albero adulto. La superficie assorbente è aumentata grazie alla presenza di peli radicali sulla superficie, che si formano dall'epidermide. Il turn-over delle radici assorbenti è molto rapido (dell'ordine di poche settimane), alcune restano vitali ma perdono la capacità di assorbimento e divengono radici di transizione. Le radici assorbenti sono le prime ad essere colonizzate dalle micorrize.

Le **radici di conduzione (o esploratrici)**: sono brune ed assicurano il collegamento tra radici assorbenti e le radici principali con funzioni di sostegno o di trasporto. Queste radici sono capaci di trovare nicchie di terreno disponibili anche in luoghi apparentemente distanti dalla pianta. Hanno diametro intorno ai 2mm, e sono caratterizzate da un accrescimento molto rapido, nell'ordine di alcuni centimetri al giorno, salvo poi ramificarsi non appena trovano una nicchia di terreno libera e favorevole, occupandola con radici progressivamente più sottili (le radici assorbenti).

Le **radici principali**, dette anche strutturali, si differenziano da subito dalle radici destinate a rimanere assorbenti, poiché hanno un diametro elevato, un apice più sviluppato ed un accrescimento rapido, in modo indeterminato.

Le radici assolvono anche ad altre funzioni quali: stoccaggio temporaneo di sostanze di riserva e sintesi ormonale (citochinine, gibberelline, etilene ed ABA). Queste funzioni sono importanti nel regolare i rapporti fisiologici tra chioma e radice. Le gibberelline e le citochinine sintetizzate negli apici radicali sono coinvolte nel controllo dell'attività vegeto-produttiva della pianta, mentre le sostanze di riserva stoccate nelle radici più grosse sono essenziali per lo sviluppo di gemme a fiore e nelle prime fasi di ripresa vegetativa primaverile (*Catechini e Tombesi, 1986*). D'altra parte, il costo energetico per il mantenimento dell'intero apparato radicale, del suo rinnovamento e della sua crescita è completamente a carico del flusso di fotosintetati provenienti dalla porzione epigea (*Faust, 1989*). S'instaura quindi, durante la vita della pianta, un equilibrio dinamico tra porzione epigea ed ipogea (*Zucconi, 1992*).

1.1 MORFOLOGIA E DIFFERENZIAZIONE DELL'APPARATO RADICALE

Nei primi stadi di sviluppo, la struttura dell'apparato radicale di olivo è fortemente condizionata dal metodo di propagazione impiegato (Figura 1).

Nelle piante propagate via seme l'apparato radicale inizialmente è di tipo fittonante (*Morettini, 1972*). Negli anni successivi prevale lo sviluppo delle radici avventizie e delle radici laterali, su quello del fittone. Il lavoro di Doussan et al. (2003) classifica le radici che fanno parte del sistema radicale dell'olivo in: primarie; avventizie (o laterali), caratterizzate da una diversa ontogenesi.

Nelle piante radicate da talea o attraverso le tecniche di micropropagazione, l'apparato radicale che si sviluppa è pluridirezionale e si origina a partire dalla base del tronco. Esiste una differenza marcata tra gli apparati radicali di piante propagate per talea, e quelle propagate per micropropagazione: le piante ottenute da micropropagazione hanno un numero maggiore di radici primarie, con vigore più marcato ed un angolo geotropico inferiore. Con il procedere dello sviluppo della radice si acquiscono le differenze tra gli apparati radicali.

Lo sviluppo dell'apparato radicale è quindi influenzato da fattori endogeni: vigore del genotipo, fenomeni di competizione nell'allocazione delle risorse tra radici, frutti e germogli in via di sviluppo (*Polverigiani et al.*, 2012); ed esogeni: temperatura, umidità, disponibilità di nutrienti (*Kaspar & Bland*, 1992), tecniche colturali impiegate (*Van Huyssteenand & Weber*, 1980), eventuali interazioni allelopatiche (*Zucconi*, 1996). L'apparato radicale è soggetto ad un rinnovo continuo e grazie a questo si adatta e si modifica in base alle condizioni endogene ed esogene facendo prova di un'elevata plasticità.



Figura 1 Confronto fra l'apparato radicale di una pianta di olivo micropropagata e di una pianta propagata per talea. Foto dal corso di Olivicoltura del Prof. D. Neri

1.2 SVILUPPO DELL'APPARATO RADICALE: IL MODELLO A/R

L'attività dell'apparato radicale è finalizzata al mantenimento ed al rinnovo sia dell'apparato radicale stesso, sia all'intercettazione di acqua e nutrienti per la crescita della porzione aerea. Allo stesso modo i fotosintetati prodotti dalla parte aerea vengono in parte destinati alla crescita ed alle funzioni dell'apparato radicale. Le due porzioni della pianta, quella epigea e quella ipogea, crescono in stretta correlazione tra loro (*Zucconi*, 2003).

Lo stesso Zucconi (1991) osservava la “**plasticità fenotipica**” delle piante arboree, intesa come la capacità che queste hanno di rispondere alle diverse condizioni ambientali variando lo sviluppo della parte aerea e di quella radicale. Evidenze del fenomeno sono il fatto che l’apparato radicale in suoli poveri si espande di più che in suoli fertili per compensare il ridotto assorbimento specifico (**crecita compensativa**); allo stesso modo la parte aerea si espande in relazione alle diverse disponibilità luminose.

L’incidenza dei soli fattori esogeni non riesce a spiegare in maniera esaustiva la plasticità dello sviluppo dell’intera pianta; osservabile nel fatto che a partire da una stessa talea si possano ottenere piante di diversa mole e sviluppo. Per spiegare come varia l’attività vegetativa durante tutta la vita della pianta, tanto dell’apparato radicale quanto della porzione aerea, Zucconi si concentra sulle **correlazioni vegetative** che insistono tra le due parti: ciascuna parte recepisce i messaggi che pervengono dall’attività dell’altra, ed in posizione di reciprocità segnala la propria condizione.

L’esistenza di una correlatività vegetativa implica che i limiti imposti dall’ambiente esterno su un organo si riflettano anche sulla crescita dell’altro; e che se una delle due parti è alterata, la pianta tenderà a ripristinare le dimensioni relative rispetto all’altra, ricercando un equilibrio tendenziale. Lo studio della porzione aerea, dunque, non può prescindere da quello della radice (Figura 2).

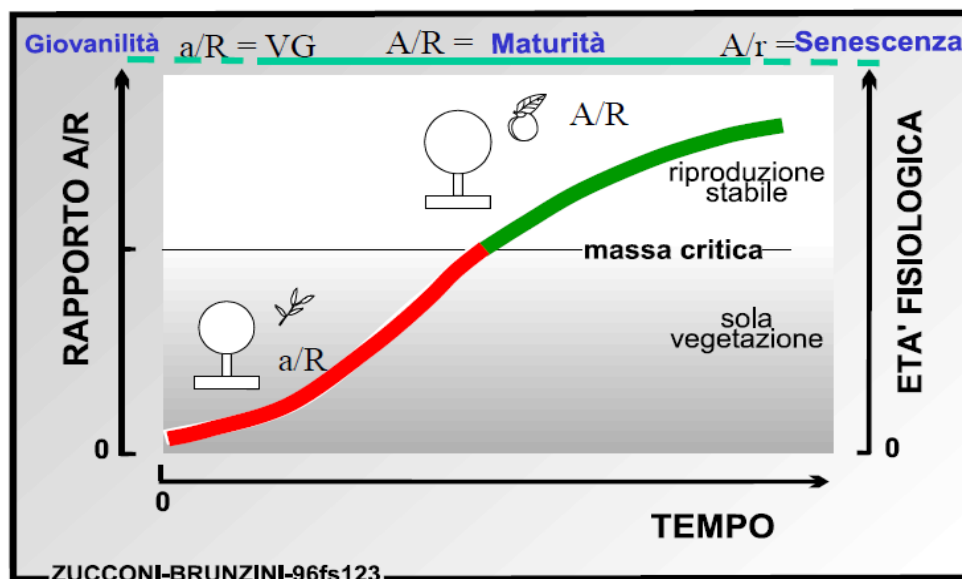


Figura 2 Evoluzione del rapporto aereo-radiale nei diversi stadi di crescita della pianta di olivo. Dalle slide del corso di Olivicoltura del Prof. Neri D.

1.3 DINAMICHE DI CRESCITA RADICALE

Una caratteristica importante dell'intero apparato radicale risiede nella capacità di adattamento alle mutevoli condizioni del substrato. La capacità di adattamento della radice alle diverse condizioni di suolo si manifesta con un'elevata **dinamicità di sviluppo delle radici** (Zucconi, 2003).

La dinamicità di sviluppo degli apici radicali è evidente nel processo di ricerca attiva di acqua e nutrienti all'interno del terreno, che rapidamente si esauriscono. A differenza dei rami e delle foglie, le radici sono costrette a muoversi incessantemente alla ricerca di nuove nicchie di terreno, formando nuove reti assorbenti ed abbandonando quelle obsolete. Il cambiamento continuo nella collocazione delle radici assorbenti nel terreno è giustificato dalla variazione spazio-temporale del contenuto di umidità, di temperatura e della composizione del suolo, che si modifica anche in relazione allo stesso processo di assorbimento radicale. Il movimento della radice è influenzato anche da eventuali fenomeni allelopatici (Giorgi *et al.*, 2010).

Le radici assorbenti occupano in maniera esclusiva, ma temporanea, una zona discreta di terreno che non è condivisibile con altre radici. Questo comportamento si può estendere dalla singola radice all'intero apparato radicale, osservando nelle colture agrarie un rispetto dei territori radicali reciproci di ciascun apparato radicale

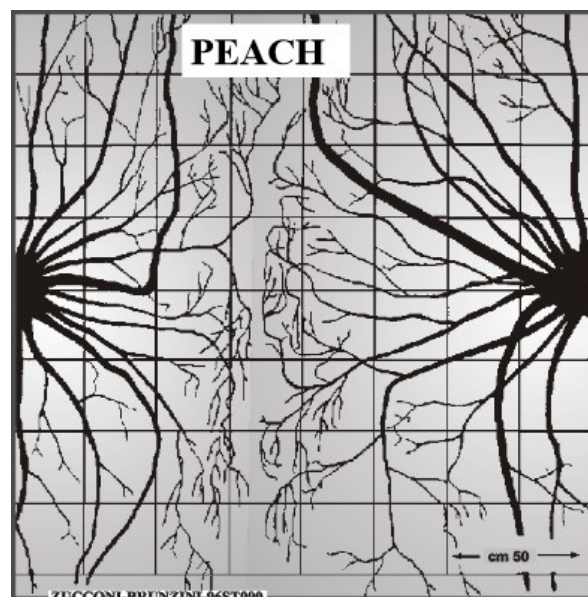


Figura 3 Sviluppo di due apparati radicali contigui.

Fonte: Zucconi, *DECLINO DEL SUOLO E STANCHEZZA DEL TERRENO*, 2003

(Figura 3). L'uso temporaneo ma esclusivo di una nicchia di terreno da parte della radice è reso possibile dal rilascio di escreti, che fungono da marcatori chimici, impedendo che altre radici possano colonizzare la medesima nicchia di terreno. Questo sistema garantisce un uso ordinato del suolo e dei nutrienti in esso presenti, evitando l'insorgenza di inutili fenomeni di competizione.

La crescita radicale si risolve in una espansione continua dei terminali delle radici esploratrici, alla ricerca di nuove nicchie di terreno in cui ramificarsi. Il risultato che si produce è quello della migrazione radicale, che spinge la radice ad un'incessante progressione verso nuovi territori, collocati probabilmente in posizione periferica, contribuendo ad un processo di espansione centrifuga dell'apparato radicale. La radice non torna a ri-colonizzare nicchie di terreno già esplorate in precedenza, sebbene in esse, per effetto dell'equilibrio di scambio delle frazioni insolubili di suolo, gli elementi sottratti ritornino ai livelli originari. I residui radicali, diventano substrato di crescita per i microrganismi del suolo, e le radici di piante di specie diverse possono colonizzare le nicchie di terreno già utilizzate, mettendo in atto un uso sequenziale delle porzioni di suolo. La radice continua ad espandersi in maniera centrifuga, cessando l'assorbimento delle radici più prossime al tronco via via che le nicchie di terreno si esauriscono. L'apparato radicale assume quindi la forma di una **corona assorbente**, cava al suo interno. La porzione più attiva nell'assorbimento è sempre quella più esterna. L'apparato radicale si espande fino a raggiungere la prossimità di quello della pianta vicina, rispettando i confini di quest'ultimo.

Le piante giovani in ambiente selvatico, dotate di energia e potenzialità rigenerativa, possono emettere radici esploratrici in grado di attraversare il terreno interessato dall'apparato radicale della pianta vicina senza ramificarsi; per andare alla ricerca di una nicchia di terreno in cui ramificare e formare nuove radici assorbenti. Questo processo è denominato macro-trasmigrazione radicale ma perde d'importanza nelle colture agrarie.

L'espansione radicale dipende dalla dotazione in nutrienti del terreno, oltre che dalla matrice pedologica stessa. E' molto accentuata in terreni poveri di nutrienti, nei quali è molto rapido il processo del ricambio radicale. Inoltre, l'espansione radicale è influenzata dallo stadio vitale in cui la pianta si trova, risultando molto accentuata nello stadio giovanile, e nella fase giovanile di piante fisiologicamente mature. Nello

stadio giovanile della pianta l'assorbimento avviene per intercettazione ionica attiva da parte della radice, data la rapida espansione della chioma. Nello stadio della maturità, quando la pianta entra in fase riproduttiva, l'apparato radicale della pianta è già ben organizzato per garantire un adeguato rifornimento della parte aerea e per sostenere la crescita dei frutti. In queste fasi, rallenta il fenomeno della migrazione radicale, e prevale l'assorbimento per flusso ionico massale (i minerali vengono trasportati dall'acqua all'interno del flusso traspirativo) ed in misura minore l'assorbimento per diffusione.

1.4 CRESCITA STAGIONALE DELLA RADICE DI OLIVO

Per l'accrescimento delle radici di olivo la temperatura cardinale minima di crescita osservata è di 14-16°C di temperatura del suolo (*Milella, 1963*). Lo studio *Polverigiani et al. (2012)* nell'inverno 2007-2008 in un oliveto in provincia di Ancona non ha osservato un arresto completo nella crescita radicale, ma un rallentamento della stessa nei mesi di dicembre e gennaio.

Nei mesi invernali la pianta emette prevalentemente radici con diametro > 2mm scarsamente ramificate, per le quali è stato osservato un picco di accrescimento in corrispondenza dei mesi di aprile/ maggio. Le radici con diametro < 0.2mm, classificate come "molto fini" e fisiologicamente più attive, vengono emesse a partire dal mese di febbraio, con un picco in corrispondenza della fine del mese. Queste radici si accrescono con un ridotto angolo geotropico, raggiungendo profondità di 0,80 m.

L'accrescimento della radice prosegue fino al mese di giugno, con incrementi giornalieri via via decrescenti, fino all'arresto completo in concomitanza con T med. dell'aria di 25.4°C, con la crescita dei germogli accentuata e l'inizio dell'accrescimento dei frutticini. La crescita della radice per tutto il corso dell'estate è quasi nulla, salvo poi riprendere ad accrescersi durante il periodo autunnale, ma con intensità inferiore al periodo di crescita primaverile (*Polverigiani et al., 2012*).

1.5 DISTRIBUZIONE DELL'APPARATO RADICALE

Zucconi (1989) descrive l'apparato radicale delle piante arboree come una struttura organizzata su diversi livelli, secondo una geometria lineare, radiale e monoplanare. Tuttavia, se quest'organizzazione è evidente per le piante propagate da seme, dove le radici laterali originano dal fittone, le piante propagate da talea o per micropropagazione non ricalcano questa precisa organizzazione.

Di fatto l'approfondimento delle radici di olivo nel suolo, in relazione anche alla natura del substrato, resta tendenzialmente modesto. Circa il 70-80% delle radici si concentrano entro i primi 60cm di suolo (Masmoudi-Charfi *et al.*, 2011). La distribuzione delle radici nel suolo è tale per cui le radici con diametro maggiore (compreso tra 2mm e 32mm) si trovano al di sotto di una profondità di 0,3m. Queste radici si ramificano formando un numero molto elevato di radici fini, inserite a formare un angolo retto e deputate all'assorbimento.

L'evoluzione del rapporto aereo-radiale (A/R) fornisce indicazioni sulle dinamiche di sviluppo della chioma e della radice nel corso della vita di una pianta, ma questo rapporto non è da intendersi come una costante; cioè, sulla base di questo rapporto non è possibile prevedere il volume di suolo occupato dalla radice conoscendo il volume della chioma. Come esemplificato dal fenomeno della **crescita compensativa**, lo stesso volume di chioma può essere sotteso da un apparato radicale più o meno espanso, a seconda delle condizioni di fertilità e di disponibilità idrica in cui l'apparato radicale va espandendosi; oltre che influenzato dalla vicinanza di altri apparati radicali, che ne limitano l'espansione (Zucconi, 2003).

Il volume medio dell'apparato radicale di piante di olivo allevate con sesto d'impianto 6m x 6m al 3°anno di età è di 5,1 m³, in condizioni non irrigue del Sud Italia (Dichio *et al.*, 2002). Ma questo dato presenta una elevata variabilità, dal momento che il volume di suolo occupato dalle radici dipende fortemente dalle diverse condizioni spazio-temporali in cui la radice si sviluppa (Masmoudi-Charfi *et al.*, 2011).

Anche le tecniche di gestione del suolo adottate influiscono sul grado di approfondimento della radice nel suolo, determinandone una maggiore o minore superficialità (Loreti e Pisani, 1986). Negli impianti in cui è elevata la densità di

piante per unità di superficie, risulta limitata l'espansione laterale delle radici e favorito invece l'approfondimento (*Pisanu e Corrias, 1970; Loreti e Pisani, 1986*).

In coltura irrigua, con sistemi localizzati di distribuzione dell'acqua, l'apparato radicale tende a concentrarsi maggiormente in superficie, in prossimità delle zone interessate dagli irrigatori (*Michelais e Vougioukalou, 1988; Fernandez et al., 1990*).

E' stato osservato che le radici cresciute in suolo asciutto hanno un diametro maggiore e che la transizione verso zone ad accrescimento secondario è più prossima all'apice radicale. La radice, dunque, matura più in fretta (*Fernandez et al., 1994*).

Capitolo 2

TECNICHE DI GESTIONE DEL SUOLO NELL'OLIVETO

La coltivazione dell'olivo è caratteristica dell'ambiente mediterraneo con lunghi periodi di siccità. Negli anni passati, il sistema di gestione del suolo è stato fondato su continue lavorazioni effettuate allo scopo di limitare la competizione delle infestanti ed interrompere la continuità dei micropori del terreno per ridurre la risalita capillare dell'acqua e successiva evaporazione. Tuttavia, le recenti acquisizioni scientifiche, imputano le lavorazioni come principali responsabili dei processi di erosione ed esaurimento della sostanza organica presente nei suoli negli impianti olivicoli. L'erosione è un fenomeno che riguarda soprattutto l'ambiente collinare e montano.

L'infittimento degli impianti olivicoli, la realizzazione di impianti olivicoli ad alta densità, l'aumento delle superfici irrigue e la meccanizzazione di molte delle operazioni eseguite nel corso dell'anno, hanno cambiato l'indirizzo delle tecniche di gestione del suolo. Esse oggi si pongono l'obiettivo di: contenere i fenomeni erosivi; proteggere le falde idriche profonde e superficiali dall'inquinamento; agevolare le tecniche colturali in particolar modo la raccolta.

La Figura 4 riassume le principali tecniche di gestione del suolo applicabili agli alberi da frutto:

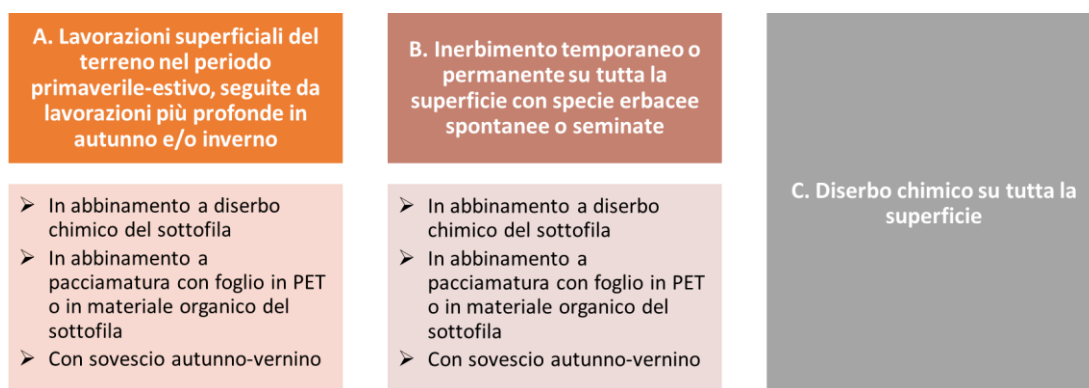


Figura 4 Da Pisani e Mancuso, 1998 *Tecniche colturali del terreno applicabili alle colture legnose da frutto* (Accademia Nazionale dell'Olivo e dell'Olio, Collana divulgativa)

2.1 LAVORAZIONI

Per lungo tempo le lavorazioni hanno rappresentato la tecnica di aridocoltura per eccellenza (*Ozpinar e Cay, 2006*). In alcuni casi le lavorazioni sono integrate con diserbo chimico e pacciamatura sulla fila (in fase di allevamento), oppure con il sovescio autunno-vernino su tutta o su una parte della superficie.

Gli scopi con cui si eseguono le lavorazioni riguardano: il contenimento della flora infestante, l'interruzione della continuità capillare; maggiore predisposizione all'infiltrazione ed all'accumulo delle acque di precipitazione; interrimento di concimi, di ammendanti e dei residui di potatura; facilitazione delle operazioni di raccolta. Generalmente le lavorazioni eseguite sono superficiali, per evitare di danneggiare gli apparati radicali ed il numero degli interventi dipende dal decorso climatico dell'annata, dalle caratteristiche del terreno, dalla presenza di infestanti.

Un aspetto negativo connesso alla gestione mediante le lavorazioni è l'aumento dell'entità dei fenomeni di erosione laminare e ruscellamento delle acque. Nel lavoro di *Raglione et al. (2000)* nel corso di due annate agrarie è stata misurata una quantità di terreno persa pari a 85,4 ton/ha in un suolo franco sabbioso lavorato, con una pendenza media del 18,1%; le tesi con suolo inerbito hanno mostrato un coefficiente di ruscellamento inferiore. Nel lavoro di *Laguna (1989)* in Andalusia, in impianti olivicoli lavorati ed in pendenza, le perdite di terreno misurate variavano da 60 a 105 ton/ha.

L'aumento dell'infiltrazione idrica dovuto alla lavorazione si è dimostrato solo temporaneo (*Pastor et al., 2000*), poiché l'evento piovoso determina la formazione di una crosta superficiale che riduce la velocità d'infiltrazione dell'acqua in modo significativo. La formazione di crosta è accentuata dopo lavorazioni condotte con erpici a dischi o fresatrici (*Loreti e Pisani, 1986*). Le lavorazioni diminuiscono anche la portanza del terreno, determinando notevoli problemi al transito delle macchine per l'esecuzione delle operazioni colturali, oltre a problemi di compattazione. La riduzione degli scambi gassosi può inibire l'attività dei microrganismi all'interno del

suolo, ridurre il turn-over radicale e l'assorbimento degli elementi della nutrizione, in particolare del ferro (Loreti e Pisani, 1986).

Alle frequenti lavorazioni del suolo in ambiente mediterraneo è attribuita la causa principale di perdita di sostanza organica per l'intensa mineralizzazione da parte della biomassa microbica a carico della componente labile della sostanza organica (Pastor, 1991).

2.2 INERBIMENTO

L'introduzione di un tappeto erboso può essere largamente giustificata dall'esigenza di migliorare le prestazioni agro-ecologiche dell'oliveto, di ridurre gli input esterni, di mitigare i rischi ambientali e sanitari (Caporali, 1991).

La figura 5 riassume i vantaggi prodotti dall'inerbimento nell'agro-ecosistema di un frutteto:

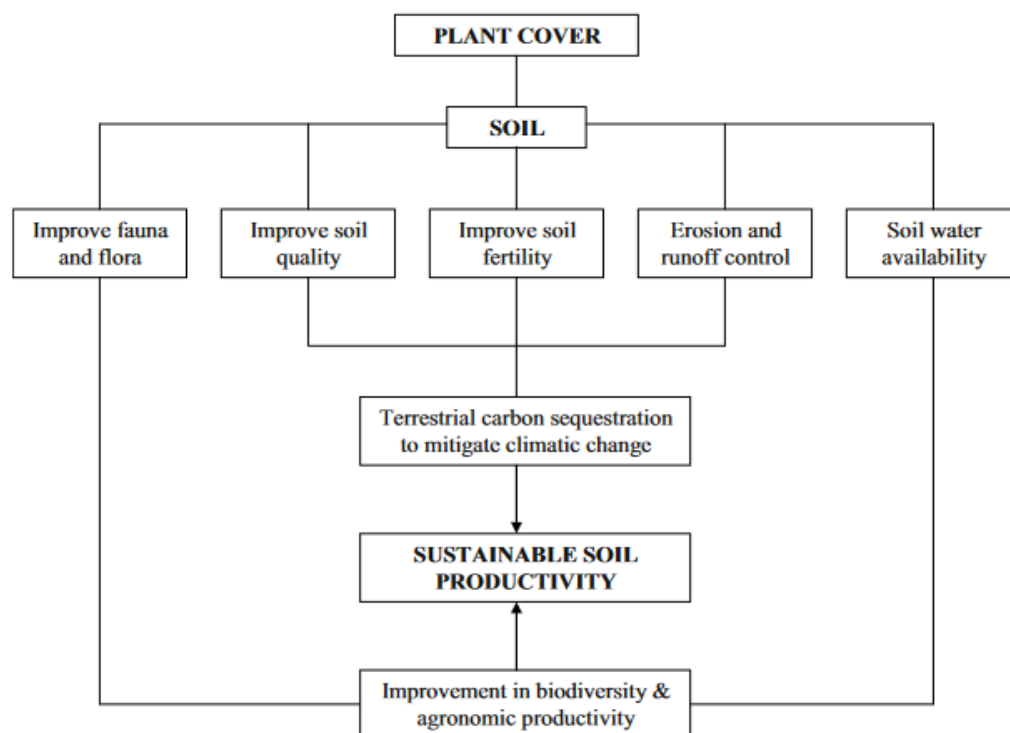


Figura 5 Vantaggi prodotti da un suolo inerbito (Duran-Zuazo e Rodriguez-Pleguezuelo, 2008)

I vantaggi prodotti dall'inerbimento sullo stato fisico del terreno sono stati ampiamente descritti già in un lavoro del Pisani del 1965, che evidenzia come l'inerbimento con cotico erboso permanente, riesca a mitigare il rischio di erosione provocato dallo scorrimento superficiale delle acque meteoriche (soprattutto in terreni declivi); a ridurre il compattamento del suolo in seguito al transito delle macchine agricole, rendendo più accessibili alle operazioni colturali i frutteti inerbiti rispetto a quelli lavorati; a migliorare lo stato di aggregazione delle particelle di suolo, grazie all'aumento del contenuto in sostanza organica; a migliorare l'equilibrio tra micro e macro-pori all'interno del suolo, favorendo il ricambio dei gas presenti nel suolo e garantendo una maggiore possibilità d'infiltrazione delle acque meteoriche. Da non trascurare anche il fatto che l'utilizzo di specie intercompatibili nella realizzazione dell'inerbimento, mette in moto un uso sequenziale delle nicchie di suolo attraverso una vera e propria rotazione tra le radici che le colonizzano. Nessuna di queste vi risiede in maniera indefinita, ma vi si alterna al suo interno con le radici di altre specie. L'utilizzo sequenziale della nicchia di suolo da parte di più specie, fa perdere progressivamente alla nicchia il carattere della specie originaria, che può tornare nuovamente ad utilizzarla. La condizione che si viene a creare è favorevole per la pianta matura che ha cessato la propria espansione territoriale, che dunque può tornare ad occupare con le sue radici nicchie di suolo utilizzate in precedenza, garantendosi un soddisfacente ricambio radicale (Zucconi, 1996).

Altri studi evidenziano come il suolo inerbito sia responsabile dell'aumento della biodiversità delle specie vegetali presenti (Landis *et al.*, 2000); della creazione di nuovi habitat e nicchie ecologiche, capaci di ospitare predatori e parassitoidi di specie d'insetti dannose per i fruttiferi (Wan *et al.*, 2011); di trattenere gli elementi nutritivi somministrati (in modo particolare dell'azoto) con le concimazioni minerali ed organiche limitandone le perdite per lisciviazione (García-Díaz *et al.*, 2017); trattenere e favorire una più rapida degradazione delle POPs grazie alla dotazione più elevata del suolo in enzimi e microrganismi (Balota *et al.*, 2011; Yao *et al.*, 2005).

È necessario però considerare la competizione idrica tra inerbimento e specie arborea, Bellini (1983) ha misurato un consumo idrico pari a 200mm di acqua/ha di

superficie inerbita. Le piante dell'inerbimento competono con quelle di olivo per la risorsa idrica, soprattutto negli ambienti dove l'acqua è un fattore limitante per la produzione. L'inerbimento va dunque gestito attraverso: la scelta della copertura vegetale (se inerbimento spontaneo o con specie seminate); gestione degli sfalci; e del momento di soppressione dell'inerbimento in ambienti siccitosi, in concomitanza con i mesi più caldi.

2.3 DISERBO CHIMICO

Sebbene sia indubbia l'efficacia nel controllo delle infestanti esercitata dalle molecole chimiche, è desiderabile che l'attenzione degli agricoltori si rivolga verso soluzioni alternative (singole o integrate), in grado di salvaguardare la salute del suolo e della biodiversità all'interno del frutteto (*Mia et al.*, 2020).

L'utilizzo di sostanze chimiche per la gestione del cotico erboso comporta l'acidificazione del suolo (*Kibblewhite et al.*, 2008), la riduzione della fertilità del suolo e la contaminazione di altre risorse naturali, tra cui l'acqua potabile (*Meng et al.*, 2016). L'utilizzo di erbicidi di sintesi ha ripercussioni negative sulla componente microbica (*Grossbard & Davies*, 1976;) e sulle popolazioni di insetti terricoli presenti nel suolo (*Gangatharan & Neri*, 2012; *Yao et al.*, 2005). Altro problema annoso è la selezione di specie infestanti resistenti (*Pieterse*, 2010).

Un compromesso sta nella possibilità di relegare il mezzo chimico, alla sola gestione del sottofila, nelle situazioni in cui il ricorso all'inerbimento controllato a mezzo di sfalci, o alle lavorazioni meccaniche non è possibile.

Capitolo 3

SISTEMI DI GESTIONE DEL SOTTOFILA

L'organizzazione di un oliveto ad alta densità è tale che possono essere individuate tre aree di suolo: il filare e la zona immediatamente adiacente al filare, che insieme costituiscono il sottofila; e l'interfila.

La gestione dell'interfila avviene secondo i metodi illustrati. L'area del sottofila e quella immediatamente adiacente ad essa (con larghezze variabili da 0,6m-2,0m a cavallo della fila), va opportunamente gestita per scongiurare la competizione per l'acqua e per gli elementi nutritivi che si instaura tra gli apparati radicali dell'olivo e quelli delle piante erbacee che crescono in questa zona, e che si trovano a condividere lo stesso spazio vitale. Un'accurata gestione del sottofila è necessaria soprattutto negli anni immediatamente successivi all'impianto, quando l'apparato radicale dell'olivo non è ancora adeguatamente sviluppato.

Le tecniche di gestione del sottofila sono diverse, le più sono state sviluppate per la frutticoltura e la viticoltura e successivamente adattate al mondo dell'olivicoltura. La scelta dell'una o dell'altra tecnica di gestione dipende dall'età della coltura impiantata, dal costo e dalla reperibilità dei materiali, dai tipi di specie vegetali presenti, dal tipo di suolo e dalla fertilità, dalle preferenze del singolo agricoltore (*Hammermeister, 2016*). Una categorizzazione delle specie erbacee le divide in annuali, poliennali e rizomatose poliennali, le più difficili da controllare (*Chicouene, 2007*)

3.1 DISERBO CHIMICO

Molto diffuso per la gestione del sottofila negli oliveti gestiti in regime di difesa integrata è il ricorso al mezzo chimico (*Lisek, 2014*). Il vantaggio nell'utilizzo degli erbicidi sta nell'efficacia, nella facilità d'impiego, nell'economicità (*Harrington et al., 2005*), e nel fatto che gli apparati radicali delle colture non subiscono danneggiamenti (*Parker et al., 1993*). Ci sono però una serie di problematiche, già

discusse nel paragrafo relativo alla pratica del diserbo nell'interfilare, legate alla persistenza delle molecole chimiche nell'ambiente, al trasporto negli strati più profondi del terreno o alla lisciviazione nelle acque di falda; alla diminuzione della biodiversità ed alla tossicità nei confronti degli artropodi e delle altre forme viventi che popolano il suolo; oltre all'impatto negativo sulla salute umana. Elevato è anche il rischio di selezione di specie erbacee resistenti (*Mia et al.*, 2020). In commercio esistono diversi formulati per il diserbo in pre-emergenza o in post-emergenza.

Un'alternativa ai tradizionali erbicidi di sintesi è il ricorso a sostanze naturali ad azione erbicida (es. acido pelargonico, acido citrico, acido ottanoico) la cui efficacia è comunque ridotta e limitata ai primi stadi di sviluppo delle specie vegetali da controllare (*Lisek*, 2014).

3.2 GESTIONE MECCANICA

Diffuso è il ricorso alle lavorazioni meccaniche per la gestione del sottofila, anche in ragione del crescente numero di oliveti gestiti in biologico (*Lodolini et al.*, 2013).

Le opzioni disponibili sono numerose: scerbatura manuale ed agevolata, sfalcio, lavorazioni del terreno, macchine dotate di "dita" meccaniche rotanti. Talvolta più tecniche sono associate fra loro su una stessa macchina, per garantire un'esecuzione ottimale del lavoro.

La scerbatura manuale o agevolata è un'operazione economicamente poco sostenibile nei paesi industrializzati, trova diffusa applicazione ancora nei paesi meno sviluppati (*Hammermeister*, 2016). Può essere invece considerata un'operazione complementare alla gestione meccanizzata del sottofila per il controllo delle specie erbacee nelle immediate prossimità del tronco, che non possono essere raggiunte dalle attrezzature meccaniche senza danneggiare la pianta (*Bradshaw*, 2017).

Per quanto riguarda la gestione del sottofila con attrezzature meccaniche, sono state sviluppate differenti soluzioni. Gli attrezzi per la lavorazione del sottofila sono dotati di sistemi idraulici, per fusti resistenti alle sollecitazioni. Nei primi anni d'impianto si preferisce utilizzare le stesse attrezzature controllate manualmente da

un operatore, per garantire maggiore accuratezza evitando di arrecare danno alle giovani piante (Mia, 2020).



Figura 6 Esempi di macchine per la lavorazione meccanica interceppo

In letteratura ci sono pareri discordanti riguardo all'effetto prodotto dalle lavorazioni meccaniche del sottofila sullo sviluppo dell'apparato radicale. Se *Van Huyssteenand & Weber* (1980) hanno osservato la riduzione dell'abbondanza relativa delle radici in corrispondenza della zona lavorata, rispetto alle tesi non lavorate; lo studio *Polverigiani et al.* (2013) ha osservato che le lavorazioni superficiali promuovono la proliferazione delle radici in melo. Nel lungo periodo le lavorazioni provocano riduzione della fertilità dei suoli e possibili danni alla base dei fusti (*Neilsen et al.*, 2009).

3.3 PACCIAMATURA

La pacciamatura lungo il filare durante i primi anni dall'impianto dell'oliveto rappresenta una valida alternativa alle lavorazioni ed alla gestione chimica, fino a quando lo sviluppo dell'apparato radicale dei giovani olivi non è tale da riuscire a competere con quelli delle specie erbacee che costituiscono l'inerbimento (*Lodolini E.M., Teatro Naturale*, 03/04/2015).

Gli obiettivi principali della pacciamatura lungo la fila sono di mantenere costante l'umidità del suolo e di contenere lo sviluppo delle infestanti. La pacciamatura consente di controllare le fluttuazioni di umidità e temperatura del suolo, ne migliora

le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche, ed incrementa la biodiversità all'interno del frutteto (*Polverigiani et al.*, 2013 a,b).

Si può scegliere tra diverse forme di pacciamatura, riconducibili a forme di pacciamatura naturale: pacciamatura viva, paglia, segatura, teli ottenuti da fibre naturali (cellulosa o lignina), residui dello sfalcio di essenze erbacee; oppure pacciamature sintetiche: teli ottenuti da polimeri sintetici.

3.3.1 PACCIAMATURA VIVA

La pacciamatura viva lungo la fila è in grado di tenere sotto controllo lo sviluppo delle specie spontanee, oltre a fornire una serie di servizi ecosistemici fra cui: l'aumento delle popolazioni di organismi utili all'agroecosistema; l'aumento del contenuto della sostanza organica del suolo; miglioramento della fertilità, della resilienza e la riduzione della stanchezza del suolo (*Lemessa et al.*, 2015).

E' necessaria una scelta oculata delle specie che andranno a costituire la pacciamatura viva. Esse, secondo i risultati riportati dal progetto DOMINO COREORGANIC, devono avere le seguenti caratteristiche (da "*Pacciamature vive per la gestione del sottofila: un caso applicativo*", VVQ nr.7, NOV 2019):

- Possedere caratteristiche agronomiche e morfofisiologiche tali per cui la coltura principale è favorita;
- Buona attitudine vegetativa, capacità di competere con le altre specie spontanee, copertura stabile del terreno nel minor tempo possibile, pochi interventi di gestione;
- Apparato radicale poco profondo, fascicolato, superficiale che non interferisca con lo sviluppo della radice della coltura principale e che sfrutti nicchie molto superficiali per l'accesso ad acqua e nutrienti;
- Specie perennanti, per garantire una copertura costante nel corso dell'anno che resti vitale negli anni successivi, escludendo in modo persistente la penetrazione di altre specie spontanee;
- Presentare una stasi estiva, soprattutto in ambienti aridi e in assenza di un impianto d'irrigazione.

- Presentare una stasi invernale flessibile per superare i freddi intensi, ma al tempo stesso continuare a vegetare se le temperature del suolo rimangono al di sopra di 4-6 °C;
- Possedere un buon adattamento alle condizioni pedo-climatiche locali, per cui è preferibile scegliere specie spontanee già presenti sul territorio o ecotipi autoctoni delle specie prescelte

Lo studio *Mia et al.* (2020) ha valutato l'effetto di due specie: *Mentha piperita* L. e *Alchemilla vulgaris* L. utilizzate nella realizzazione della pacciamatura viva in un meleto. E' stata indagata la capacità di controllare e sopprimere le specie spontanee, l'effetto sulla biodiversità, oltre allo stato nutrizionale in cui si presentavano gli alberi di mele e lo stato delle loro radici. Le tesi sono state confrontate con un filare naturalmente inerbito e falciato tre volte per anno.

Entrambe le specie utilizzate per la pacciamatura viva hanno raggiunto la completa copertura del suolo al 2° anno successivo al trapianto, esercitando una buona azione di controllo sull'accrescimento delle specie spontanee, riconducibile anche a sostanze allelopatiche contenute all'interno delle foglie delle specie pacciamanti e prodotte dagli apparati radicali. Nonostante il controllo esercitato sulle specie spontanee, non si assiste alla completa riduzione della biodiversità, indagata dal confronto tra numero di specie presenti fra due tesi osservate.

La densità radicale, espressa come peso secco di radici sull'unità di volume, è stata fortemente influenzata dalla pacciamatura viva, oltre che dalla profondità di campionamento. L'autore riconduce l'aumento della densità radicale di melo all'architettura ed all'organizzazione dell'apparato radicale delle specie utilizzate per realizzare la pacciamatura viva, oltre che alla presenza di stoloni. L'architettura e la morfologia dell'apparato radicale della pacciamatura agiscono modificando l'ambiente suolo, coinvolgendo diversi meccanismi, tra cui l'incremento delle specie di microrganismi presenti all'interno del suolo stesso. La densità radicale del melo è del 38% superiore nelle tesi trattate con la pacciamatura viva, rispetto alla tesi gestita con inerbimento naturale, periodicamente sfalciato (Figura 5).

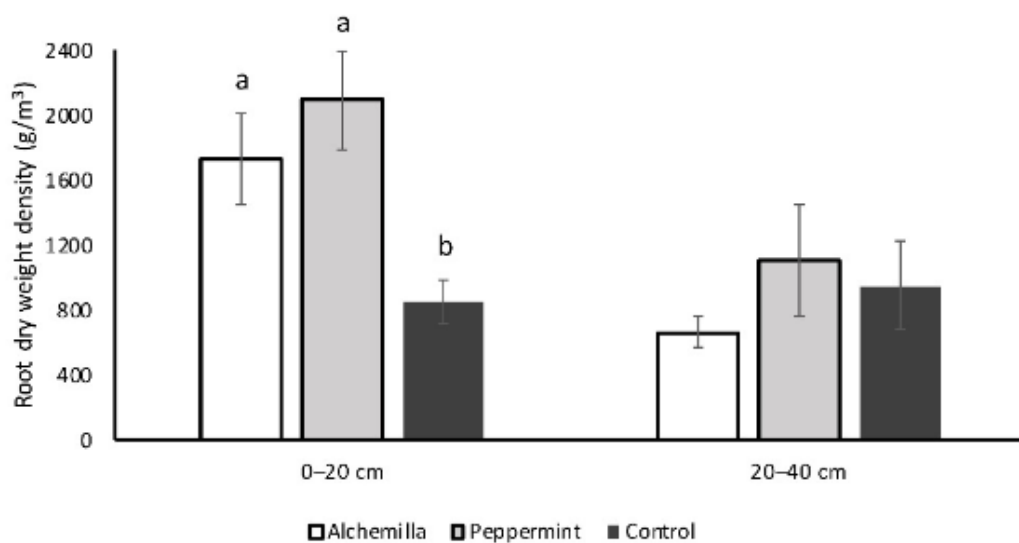


Figura 7 Valori della densità radicale di melo nelle diverse tesi. Da Mia et al., 2020

Infine, lo studio evidenzia come la pacciamatura viva influenzi il contenuto di macronutrienti all'interno delle foglie di melo, osservando un più alto contenuto di N, rispetto alla tesi controllo. L'autore evidenzia che probabilmente ciò è dovuto alla capacità della pacciamatura di trattenere i nutrienti all'interno della biomassa prodotta, e rilasciarli lentamente grazie ai processi di mineralizzazione che si svolgono all'interno del suolo. L'architettura e la morfologia radicale della pacciamatura viva fanno in modo che la stessa pacciamatura, non entri in competizione per gli stessi elementi, con gli alberi da frutto. Tuttavia, nella realizzazione di una pacciamatura viva è fondamentale la scelta delle specie da utilizzare, al fine di scongiurare fenomeni di competizione tra l'apparato radicale di queste e della coltura (Granatstein & Sánchez, 2009; Merwin, 2003).

3.3.2 PACCIAMATURA CON MATERIALI ORGANICI O SINTETICI

In alternativa alla pacciamatura viva, si può pensare di ricorrere ad una pacciamatura morta, oppure a quella sintetica. I principi per i quali le pacciamature controllano lo sviluppo delle specie spontanee in maniera efficace, sono: l'intercettazione dell'energia luminosa, impedendo che essa raggiunga i semi; l'impedimento fisico alla germinazione, rappresentato dalla pacciamatura stessa (Schonbeck, 2012).

La pacciamatura realizzata con polimeri di sintesi a fronte di un costo iniziale contenuto, che si ripaga negli anni successivi all'applicazione, garantisce un risparmio sulle strategie di gestione delle specie spontanee ed un efficace controllo dell'erosione del suolo (*Mia et al.*, 2020).

E' preferibile ricorrere a pacciamature organiche perché prodotte da materiali naturali, spesso scarto di altre lavorazioni, perciò biodegradabili. In maniera analoga alle pacciamature di materiale sintetico queste: riducono l'erosione del suolo, controllano lo sviluppo di specie spontanee e fungono da isolanti per il suolo verso repentine variazioni di temperatura. In aggiunta, esse: apportano sostanza organica, migliorano la struttura del suolo e possono apportare nutrienti. Riguardo all'apporto di nutrienti, è possibile che quando la scelta ricade su materiali con un elevato rapporto C:N, si assista ad una temporanea immobilizzazione dell'azoto disponibile all'interno del sistema. (*Hammermeister*, 2016). La pacciamatura organica riesce a controllare efficacemente le specie spontanee, integrandosi bene con l'assetto paesaggistico (*Sciarappa et al.*, 2008). Al momento della distribuzione del materiale pacciamante, occorre tenere in considerazione la densità (g di materiale pacciamante/m²di terreno) ottimale da raggiungere, caratteristica del materiale utilizzato, affinché esso eserciti la sua azione protettiva nei confronti del suolo, intercettando la luce ed impedendo la germinazione delle specie spontanee (*Teasdale & Mohler*, 1993).

Aspetto negativo connesso all'utilizzo di materiale biodegradabile è la necessità di dover tornare ad applicare il materiale ad intervalli periodici, dato che lo stesso subisce degradazione ad opera dei microrganismi del terreno (*Lanini et al.*, 2011). Tra gli aspetti che scoraggiano il ricorso a questo tipo di soluzione ci sono il costo del materiale, e quelli legati alla distribuzione in campo. Oltre ai costi necessari al trasporto in azienda, dal momento che si tratta di materiali non sempre ivi disponibili (*Lisek*, 2014).

Alcuni dei materiali organici disponibili per la realizzazione della pacciamatura sono: cippato, ottenuto da scarti di potatura o residui di lavorazione agroindustriale; torba; scarti di lavorazione del legno; compost, ottenibile anche dalla frazione RSU; paglia (*Hammermeister*, 2016). Ai materiali elencati si aggiungono teli realizzati intrecciando fibre di lignina o cellulosa, ricavate da matrici vegetali di varia natura

(foglie di palma, stocchi di mais, stoppie di riso, bamboo o scarti di lavorazione dell'industria di cocco) (Figura 8) (Fullen *et al.*, 2011)



Figura 8 Telo pacciamante in fibra di cocco (Teatro Naturale.it)

In una sperimentazione biennale condotta in un oliveto ad alta densità dal gruppo di Arboricoltura del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali UNIVPM sono state messe a confronto le performance di diversi materiali pacciamanti: pacciamatura con cippato di potatura; tappeto pacciamante realizzato in fibra di cocco e tessuto non tessuto; pacciamatura con ammendante compostato misto, ed una pacciamatura con ammendante compostato misto in combinazione con tappeto in fibra di cocco; pacciamatura realizzata con film di materiali sintetici; un controllo lavorato e diserbato.

Dalla sperimentazione emerge che:

- il telo pacciamante in fibra di cocco ha una notevole azione coibente sul terreno, che si esplica sia in inverno, impedendo che la temperatura del suolo scenda eccessivamente, che in estate, contenendo l'innalzamento di temperatura. La temperatura più calda in estate è stata registrata nella tesi pacciamata con il telo PET;
- in tutte le tesi pacciamate sono stati misurati valori di umidità superiori rispetto al controllo lavorato e diserbato;

- tutte le tesi pacciamate sono riuscite a contenere lo sviluppo delle specie spontanee presenti nel corso della sperimentazione, fatta eccezione per la tesi pacciamata con l'ammendante compostato;
- valori significativi di crescita, differenti rispetto all'allungamento registrato nelle altre tesi, sono stati misurati per la pacciamatura con ammendante compostato.

Nelle conclusioni l'autore sottolinea come l'impiego di materiali in fibra di cocco abbia prodotto buoni risultati, auspicandone l'utilizzo in alternativa ai materiali sintetici, per la sostenibilità ambientale. Tra gli svantaggi dei materiali sintetici, alla bassa sostenibilità ambientale, si aggiunge la necessità di una successiva fase di recupero e smaltimento, con un aggravio dei costi di gestione (Lodolini, *E.M.*, Orazi, *C.*, Polverigiani, *S.*, Neri, *D.* Pacciamatura organica nell'oliveto, in Atti del III Convegno Nazionale dell'Olivio e dell'Olio, Bari, Nov 2014).

Fullen (2011) evidenzia l'efficacia da parte dei teli pacciamanti realizzati con fibre di materiali organici, anche nel controllo dell'erosione del suolo.

3.4 TECNICHE INNOVATIVE PER LA GESTIONE DEL SOTTOFILA

Il paradigma della Gestione Integrata consiste nel realizzare una produzione sostenibile a ridotto impatto ambientale, integrando fra loro le diverse tecniche disponibili.

Nei paragrafi precedenti è stata discussa la pacciamatura in alternativa o ad integrazione delle lavorazioni e del diserbo con sostanza chimiche, che comportano una serie di problemi già discussi per l'intero agro-ecosistema.

In questo paragrafo, si prendono in considerazione delle tecniche innovative per la gestione del sottofila, che tuttavia ad oggi non trovano ancora ampia diffusione nel mondo produttivo.

Una delle tecniche innovative per la gestione del sottofila prevede l'utilizzo del calore. Il sistema consiste in una coppia di bruciatori, alimentati con gas propano, da dirigere in corrispondenza delle specie spontanee lungo la fila, alla base delle piante. La velocità d'avanzamento della trattrice dev'essere tale che il calore sia in grado di provocare la lesione delle cuticole fogliari delle specie erbacee, prima che esse siano

troppo sviluppate, provocandone il disseccamento (Wei et al., 2010). Per massimizzare l'efficacia occorre che il bruciatore formi con il suolo un angolo compreso tra 22 - 45°C. Sono necessarie alcune passate e che le piante non siano particolarmente sviluppate in altezza, entro i 5 cm (Bond & Grundy, 2001). Lo scopo, come sottolinea Wei nel suo lavoro, non è quello di incendiare la vegetazione, ma quello di danneggiare la parete cellulare delle cellule vegetali, provocando l'avvizzimento della vegetazione. Per ottenere una buona efficacia nel controllo delle specie spontanee occorre ripetere il trattamento a distanza di 1-3 settimane (Shrestha et al., 2012).

La lavorazione con getto d'acqua ad alta pressione rappresenta una rivoluzione nella gestione delle specie spontanee che crescono nel sottofila, in alternativa all'uso degli erbicidi di sintesi o alle lavorazioni. Consiste in una serie di ugelli, montati su un disco rotante, che spruzzano getti d'acqua ad una pressione tale da danneggiare ed interrare la vegetazione superficiale, fino a qualche cm di profondità; arrivando a danneggiare anche gli apparati radicali delle specie erbacee presenti (Mia et al., 2020).



Figura 9 Macchina per la lavorazione del sottofila equipaggiata con getto d'acqua ad alta pressione

La pressione dell'acqua raggiunge valori di 1150 bar, mentre il disco su cui sono disposti gli ugelli, raggiunge una velocità di rotazione di 600rpm. Il movimento rotatorio del sistema è combinato con la velocità d'avanzamento della trattrice all'interno dei filari, producendo l'effetto descritto sul suolo. Sono sufficienti due passaggi per anno per la gestione del sottofila, secondo quanto dichiarato dalla casa produttrice.

3.5 TECNICHE DI GESTIONE DEL SOTTOFILA E SVILUPPO DELL'APPARATO RADICALE

Diversi studi indagano l'influenza delle differenti tecniche di gestione del suolo, e più nello specifico del sottofila, su accrescimento e produzione delle piante da frutto (Waldemar et al., 2004; Montanaro et al., 2010; Keesstra et al., 2016). Inevitabilmente la gestione del sottofila si ripercuote anche sullo sviluppo dell'apparato radicale delle colture.

Huyssteen & Weber (1980) hanno osservato che nel vigneto lavorato, o gestito con inerbimento non controllato, diminuisce l'abbondanza relativa delle radici: tanto di quelle che si trovano nei primi strati di suolo, quanto di quelle che si trovano negli strati più profondi rispetto alle tesi pacciamate o diserbate. Probabilmente in relazione al compattamento degli strati provocato dalle lavorazioni, che causano condizioni di asfissia all'interno del suolo.

Parker & Meyer (1996) hanno osservato che la specie prescelta per la realizzazione di una pacciamatura viva influenza non solo l'accrescimento degli apparati radicali; ma anche la composizione relativa (in termini di diametro medio delle radici) e la distribuzione delle stesse all'interno del suolo. Nella prova, l'inerbimento spontaneo non gestito e quello realizzato con *Paspalum notatum* hanno fatto registrare i valori più bassi in termini sviluppo radicale e di densità radicale del pesco (*Prunus persica L.*), mentre i valori più elevati sono stati registrati per la tesi diserbata e quella inerbata con *Muhlenbergia schreberi*. Il differente grado di sviluppo dell'apparato radicale è legato alla competizione più o meno marcata che l'apparato radicale della specie utilizzata per realizzare l'inerbimento instaura nei confronti dell'apparato radicale della coltura. Questo effetto si riflette anche sulla crescita della pianta, producendo una diminuzione dei valori dell'indice TCSA

(Trunk Cross Sectional Area = Area Sezione Trasversale Tronco). Quanto osservato è in accordo con lo studio *Mia et al.* (2020), già riportato nel paragrafo relativo alla pacciamatura viva, che tra i risultati, evidenzia quanto sia importante la scelta della specie nella realizzazione della pacciamatura.

Riguardo alle diverse forme di pacciamatura realizzabili, lo studio *Albert et al.* (2010) ha osservato che l'accrescimento dell'apparato radicale di mirtillo *Vaccinium myrtillus* è più marcato nelle tesi pacciamate con materiale organico, rispetto a quelle pacciamate con materiale sintetico.

Capitolo 4

METODI DI STUDIO PER L'APPARATO RADICALE IN CAMPO

Lo studio della radice reso difficile dal fatto che si sviluppa nel suolo, e non è perciò direttamente osservabile. Il libro *“Methods of Studying Roots Systems”* di W. Böhm (1979) raccoglie e classifica i principali metodi per lo studio del sistema radicale. La preferenza per l'uno o per l'altro metodo dipende dall'obiettivo che si pone il ricercatore, talvolta può essere necessario integrare due o più metodi.

La classificazione seguita dal libro distingue i metodi di studio per l'apparato radicale in:

- Metodi diretti
- Metodi indiretti

4.1 METODI DIRETTI PER LO STUDIO DELL'APPARATO RADICALE

Tutti i metodi di analisi diretta dell'apparato radicale ne consentono l'osservazione, sebbene solo alcuni in maniera completa. A loro volta, i metodi di analisi diretta sono distinti in **metodi distruttivi**, che provocano la distruzione, alcuni solo di una parte, dell'apparato radicale; e **metodi conservativi**.

Tra i metodi distruttivi ci sono: la tecnica dell'escavazione, quella del monolite e del carotaggio.

Il metodo dell'escavazione consiste nella completa escavazione di un sistema radicale, che viene poi pulito dai residui di terreno ed analizzato. Oltre alla laboriosità del metodo, esso si presta all'analisi del solo scheletro radicale, poiché è elevato il rischio di perdersi porzioni di radici deputate all'assorbimento del terreno. Questo metodo di analisi radicale si presta a piante allevate in vaso, o comunque giovani piante, poiché in pieno campo le radici di piante arboree potrebbero venire a trovarsi anche a decine di metri dal tronco.

Il metodo del monolite, in maniera analoga all'escavazione, consiste nel rimuovere un parallelepipedo di suolo ad una certa distanza dal tronco, fissando le radici contenute al suo interno, attraverso un sistema di lunghi chiodi posti a diverse profondità. Quindi viene allontanato il terreno, dopo l'estrazione del parallelepipedo, ed analizzate le radici. Questo metodo consente di osservare la distribuzione dell'apparato radicale lungo il profilo di suolo, ma anche esso richiede una mole di lavoro notevole, e non garantisce che le radici più sottili vengano conservate.

Il metodo del carotaggio consiste nell'effettuare campionamenti a diversa distanza dal tronco e diversa profondità nel terreno. Questo metodo viene utilizzato per conoscere la densità radicale nel volume di suolo, conservando anche le radici più fini dopo la separazione delle radici dal terreno; è inoltre possibile classificare le radici in relazione al loro diametro. Questo metodo, data la modesta quantità di lavoro richiesta è tra i più utilizzati dei metodi distruttivi. Non essendo un metodo completamente distruttivo per l'apparato radicale della pianta, viene utilizzato per il confronto dei dati nel tempo. Alcuni limiti del metodo risiedono nel fatto che è richiesta una certa perizia al momento della separazione delle radici, in presenza di apparati radicali diversi da quelli della pianta oggetto di studio; ed è necessario stabilire a priori il numero di repliche da effettuare per ciascun trattamento, per avere significatività tra i diversi trattamenti. Il metodo del carotaggio è stato utilizzato per prelevare i campioni di radici analizzati nel corso della presente tesi.

I metodi conservativi non prevedono la distruzione degli apparati radicali, e consentono di osservare come essi evolvono nel tempo. L'insieme dei metodi conservativi si può ricondurre ad uno solo, che prevede lo scavo di una trincea ad una certa distanza dal tronco, sulla quale viene applicata una lastra di vetro o plexiglass che consente l'osservazione diretta della radice. Attraverso la trincea è possibile studiare: il numero di radici lungo il profilo; la distribuzione in classi di frequenza in relazione al diametro delle radici; si può osservare come varia la distribuzione lungo il profilo; analizzare la variazione in lunghezza nel corso tempo. Questo metodo non presenta grossi svantaggi, se non quelli legati al fatto che le radici più prossime alla finestra subiscono l'influenza condizioni distanti da quelle ideali del suolo; inoltre, le radici osservabili sono quelle che si sviluppano nelle immediate prossimità della finestra.

Per aumentare la quota di radici visibili, le piante vengono allevate in contenitori artificiali, detti rizotroni. L'installazione di questi contenitori avviene nel suolo, essi hanno spessore ridotto ed almeno un lato in vetro o plexiglass per consentire l'osservazione dell'apparato radicale. Tutti i rizotroni sono dotati di un'apertura nella parte superiore, all'interno della quale è inserita la pianta. Vengono inseriti nel terreno formando un angolo di 20-30° con la verticale, di modo che l'apparato radicale, sviluppandosi, entri in contatto con la parete trasparente, risultando perciò osservabile. Attraverso la parete trasparente è possibile seguire la crescita della radice. Sebbene non riproducano perfettamente le condizioni di campo, la radice è meglio osservabile rispetto agli altri metodi conservativi. Si possono effettuare un maggior numero di repliche.

Un'alternativa a questa tecnica è l'utilizzo di mini-rizotroni, che consiste nel disporre tubi in plexiglass trasparenti nel terreno, attraverso i quali possono essere monitorate le radici. Sebbene sia possibile seguire lo sviluppo della radice nelle condizioni di suolo naturali, un limite di questo metodo sta nel fatto che si può seguire lo sviluppo solo di un numero ridotto di radici. Diventa indispensabile disporre un adeguato numero di repliche in campo.

4.2 METODI INDIRECTI PER LO STUDIO DELL'APPARATO RADICALE

Ad oggi i metodi di studio più utilizzati per l'analisi radicale restano i metodi diretti. Tuttavia, i ricercatori hanno messo a punto metodi alternativi per l'analisi della radice, che si configurano come metodi indiretti di analisi.

Alcuni di questi metodi si basano sul principio che a profondità di suolo differenti varia la concentrazione in acqua e nutrienti. Si è dunque ricercata la correlazione esistente tra la variazione nelle concentrazioni di acqua e nutrienti nel suolo, e lo sviluppo della radice. Un'altra parte di questi metodi cerca di determinare l'abbondanza di radici presenti nel suolo attraverso l'assorbimento di sostanze marcatrici, ponendo in relazione la quantità di elementi distribuiti nel suolo, con quella di elementi assorbiti dalle radici, che vengono a trovarsi nei tessuti epigei della pianta.

Tuttavia, questi metodi non sono efficaci al pari dei metodi diretti di analisi, pertanto trovano poca diffusione nel mondo scientifico.

4.3 PARAMETRI UTILIZZATI PER DESCRIVERE LO SVILUPPO DELL'APPARATO RADICALE

I parametri comunemente utilizzati per studiare crescita e distribuzione degli apparati radicali sono: numero di radici per unità di suolo, peso, superficie, volume, diametro e lunghezza. La scelta dell'uno o dell'altro parametro dipende dallo scopo dello studio.

La determinazione del numero di radici per unità di suolo, è possibile con i metodi dell'escavazione, oppure con i metodi non distruttivi della trincea e del rizotrone. Questo parametro non fornisce indicazioni circa della distribuzione dell'apparato radicale; oltre che non si riesce a discriminare delle radici contate per la loro lunghezza.

La determinazione del peso delle radici è il parametro più utilizzato per studiare la crescita radicale in relazione all'influenza di fattori ambientali o esogeni. Si preferisce utilizzare il peso secco delle radici per eliminare la quota dell'errore dovuta all'eventuale presenza di acqua. Il peso delle radici contenute nell'unità di suolo può essere determinato in modo efficace ricorrendo al campionamento in campo con ripetuti carotaggi. E' possibile classificare le radici in relazione al diverso diametro (Figura 10).

Root diameter (mm)	Classes of roots	Symbol
< 0,5	Very fine	•
0.5 - 2	Fine	◦
2 - 5	Small	○
5 - 10	Medium	⊙
10 - 20	Large	⊗
> 20	Very large	⊕

Figura 10 Classificazione delle radici in relazione al diametro Da Böhm, 1979

Oltre alla determinazione del peso altri parametri che vengono determinati sono lunghezza; diametro delle radici; volume di suolo occupato dalle radici sull'unità di suolo. Questi parametri possono essere determinati con i diversi metodi di analisi radicale descritti in precedenza, scegliendo fra essi quello che meglio si presta allo scopo dell'esperimento.

La determinazione di parametri quali lunghezza e diametro delle radici, è oggi agevolata da software per l'analisi di immagini.

Capitolo 5

OBIETTIVI DELLA TESI

La presente tesi si pone l'obiettivo di studiare la densità radicale di giovani piante di olivo in un oliveto ad alta densità, con differenti tecniche di gestione del sottofila: lavorazione con fresino rientrante; pacciamatura con telo biodegradabile intero e microforato; pacciamatura con telo sintetico; diserbo con getto d'acqua ad alta pressione, a diverse velocità d'avanzamento.

Nella letteratura scientifica sul tema, è presente un numero esiguo di ricerche che peraltro riguardano specie diverse dall'olivo. Il presente lavoro vuole implementare le conoscenze sul tema, concentrando l'attenzione sull'influenza che le tecniche di gestione del suolo hanno sullo sviluppo dell'apparato radicale.

Capitolo 6

PARTE SPERIMENTALE

6.1 DESCRIZIONE DEL SITO DIMOSTRATIVO

Il sito in cui è stata condotta la dimostrazione è un oliveto ad alta densità che si trova nella frazione di Fioranello alle porte della città metropolitana di Roma, nelle disponibilità del CREA (Centro di Ricerca per la Frutticoltura).

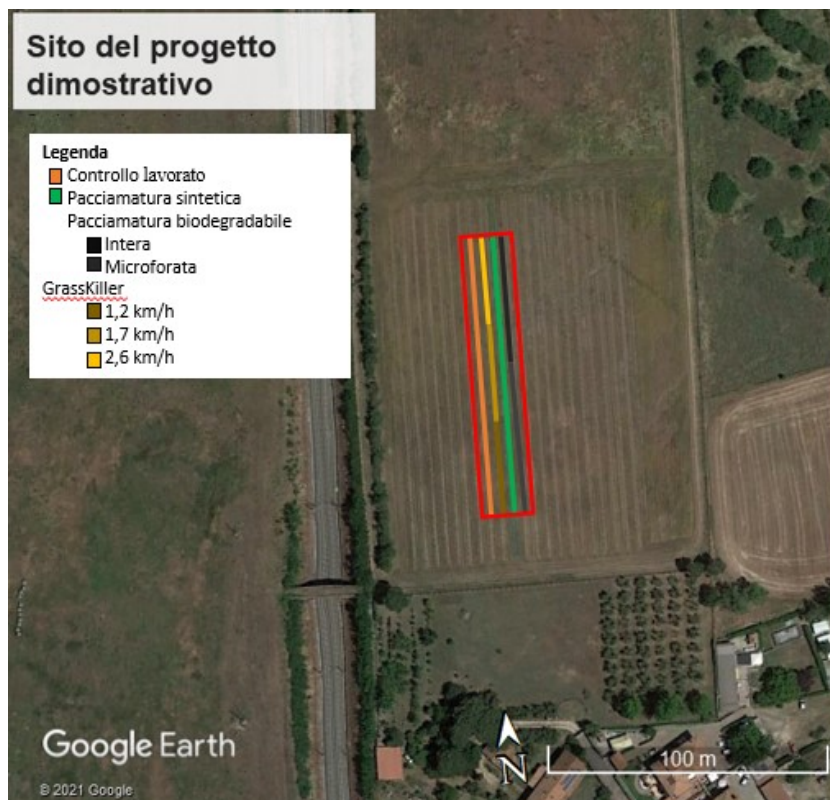


Figura 11 Immagine del sito dimostrativo. Da Google Earth

Il terreno su cui è impiantato l'oliveto ha giacitura pianeggiante, e si trova ad un'altezza di circa 245m slm. Il terreno presenta una tessitura franco-limosa, con una ridotta presenza di scheletro in superficie, classificabile come fine.

L'oliveto è stato impiantato nell'ottobre 2019 con sesto d'impianto 4m x 2m, per un totale di 1250 piante/ha. Le varietà di olivo impiantate sono Arbequina, Biancolilla, Maurino, Coratina e Leccio del Corno, nel numero di ca. 250 piante per

ciascuna varietà. Ciascuna fila è costituita da 63 piante. All’impianto l’altezza delle piante era di almeno 30 cm.

Tutte le piante sono state concimate con 60 g di N a pianta, 9 g di P₂O₅; 15 g di K₂O. L’interfila è inerbito e viene sfalciato periodicamente: per l’anno 2020 sono stati eseguiti tre sfalci.

L’oliveto nella stagione calda è regolarmente irrigato con un impianto d’irrigazione a goccia. L’ala gocciolante ha un Ø di 16/20, con gocciolatori con una portata di 1,6 l/ora distanti 0,50 m l’uno dall’altro sull’ala gocciolante. La stagione irrigua è iniziata il 01/06/2020 e terminata il 31/08/2020, per un totale di 1.363 m³ di acqua distribuiti. Gli interventi irrigui sono stati mediamente uno a settimana.

6.2 PROGETTAZIONE DIMOSTRATIVA

Al fine di rendere le condizioni del rilievo omogenee, la prova dimostrativa ha coinvolto i filari situati nella parte centrale dell’impianto, i prelievi sono stati realizzati a diverse altezze lungo la fila, escludendo dai campionamenti le piante immediatamente prossime ai bordi. All’interno dei filari, i trattamenti sono disposti come in Figura 12. La varietà di olivo è la medesima per tutti i trattamenti: Maurino.

La zona considerata come sottofila ha una larghezza di 1m (50cm da ogni lato delle piante di olivo).

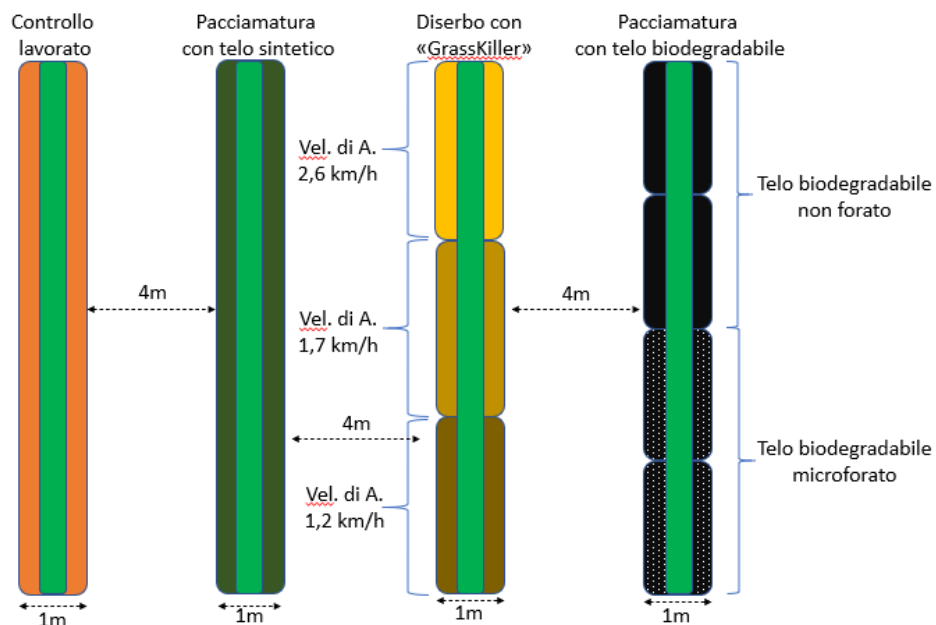


Figura 12 Disegno dimostrativo

Su ogni fila è stato applicato un differente trattamento

- Trattamento controllo, il cui sottofila è stato lavorato con fresino rientrante in data 05/05/2020, 23/06/2020, 14/08/2020, 12/11/2020
- Pacciamatura con telo antialga, in materiale sintetico
- Diserbo con getto d'acqua ad alta pressione "*GrassKiller*[®]" della Caffini. Per questo trattamento sono state testate tre diverse velocità d'avanzamento della macchina: a 1,2 km/h; a 1,7 km/h; a 2,6 km/h. I passaggi sono avvenuti il 16/06/2020 ed il 11/11/2020
- Pacciamatura con telo biodegradabile, realizzato in amido di mais: intero e microforato

Nel corso della prova, sono stati analizzati carotaggi di terreno del volume di 1,90 dm³ prelevati in 3 diverse epoche: 05 luglio 2020; 04 novembre 2020 ed 08 aprile 2021.



Figura 13 Foto dei diversi trattamenti: a) "*GrassKiller*" Caffini; b) Pacciamatura sintetica con telo antialga; c) Controllo lavorato; d) Pacciamatura biodegradabile in amido di mais

6.3 MATERIALI E METODI

Per osservare l'influenza dei diversi trattamenti sullo sviluppo dell'apparato radicale è stata determinata la densità radicale di olivo all'interno dei campioni di terreno. Il metodo utilizzato è tra quelli proposti da *W. Böhm* nel libro "*Methods of Studying Roots Systems*" (1979), integrato con quanto descritto nell'articolo *Frasier et al.*, 2016 sui metodi per il campionamento e l'analisi della biomassa radicale.

Il prelievo dei campioni di terra è avvenuto ai lati della fila di piante, eseguendo un prelievo alla base di ciascuna pianta a mezzo di una carota a volume noto (Figura 12). Il numero di campioni prelevati, cioè il numero di repliche per ciascun trattamento, è stato diverso in ciascuna epoca di prelievo: sono state effettuate 17 repliche per trattamento nella rilievo di luglio; 5 repliche per trattamento nel rilievo di novembre; 15 repliche nel rilievo di aprile.

Per effettuare il carotaggio, in via preliminare è stato rimosso lo strato superficiale di terreno (1-2cm), ed è stata prelevata una carota di suolo di 20cm di profondità ad una distanza di circa 25-30 cm dalla base del tronco. I campioni di terra sono stati inseriti in sacchetti e portati in laboratorio per essere poi analizzati.

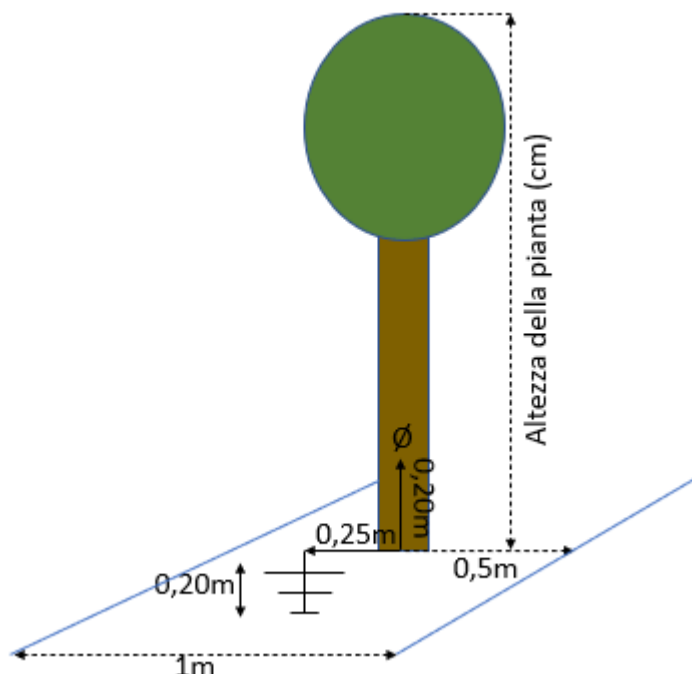


Figura 14 Descrizione della modalità con cui sono stati realizzati i rilievi in campo

Prima di procedere all'analisi, i campioni di suolo sono stati essiccati in forno a circa 60°C per almeno 24 ore. Ciascun campione è stato quindi pesato, al fine di determinare il peso secco del terreno (Figura 15). Si è proceduto quindi a setacciare il terreno con un setaccio il cui diametro delle maglie era di 0,710mm (Figura 16).



Figura 15 Determinazione del peso del campione di terra



Figura 16 Setaccio utilizzato per allontanare la terra fine

Questa procedura è servita ad allontanare la porzione di terra fine, impedendo al tempo stesso il passaggio delle radici contenute nel campione di terra.

Dal terreno residuo all'interno del setaccio, sono state prelevate le radici di olivo, discernendole da quelle di altre specie presenti all'interno del campione di terra. Le radici di olivo estratte sono state poste su lucido e scansionate. Sono state quindi analizzate con il software per l'analisi radicale WinRhizo® (Regent Instruments Inc., Canada, 2021) (Figura 17).



Figura 17 Radici separate da un campione di terra prelevato

All'interno dei campioni di radici estratte, sono state discriminate le radici assorbenti da quelle pioniere, in ragione del diverso diametro e ramificazione; è seguita l'asciugatura in forno e ne è stato determinato il peso secco. La densità radicale è

stata calcolata come indice derivante dal rapporto tra peso secco delle radici estratte (g) e peso di terreno secco (kg), questa scelta è volta ad escludere errori che potrebbero derivare da eventuali differenze in volume tra le carote di terreno al momento del prelievo.

Le scansioni analizzate con il software WinRhizo hanno permesso di determinare la lunghezza totale delle radici presenti nei campioni (RL= Root Length), il diametro medio (mm) e la densità radicale (RLD= Root Length Density) misurata come lunghezza radicale complessiva su peso del campione (cm/ kg di terreno).

Riguardo alla porzione aerea delle piante interessate dai diversi trattamenti di lavorazione del sottofila, sono stati rilevati due parametri in due momenti distinti dell'anno: all'inizio della stagione vegetativa di crescita, il 05 febbraio 2020, ed in data 12 ottobre 2020. I parametri misurati sono stati quelli relativi all'altezza della pianta da terra ed all'area della sezione del tronco a 20cm di altezza dal colletto della pianta (TCSA= Trunk Cross Section Area) misurata come area di un cerchio noto il suo diametro ($1/4\pi*(diametro)^2$).

Per meglio comprendere i fenomeni a carico dell'apparato radicale e dell'apparato

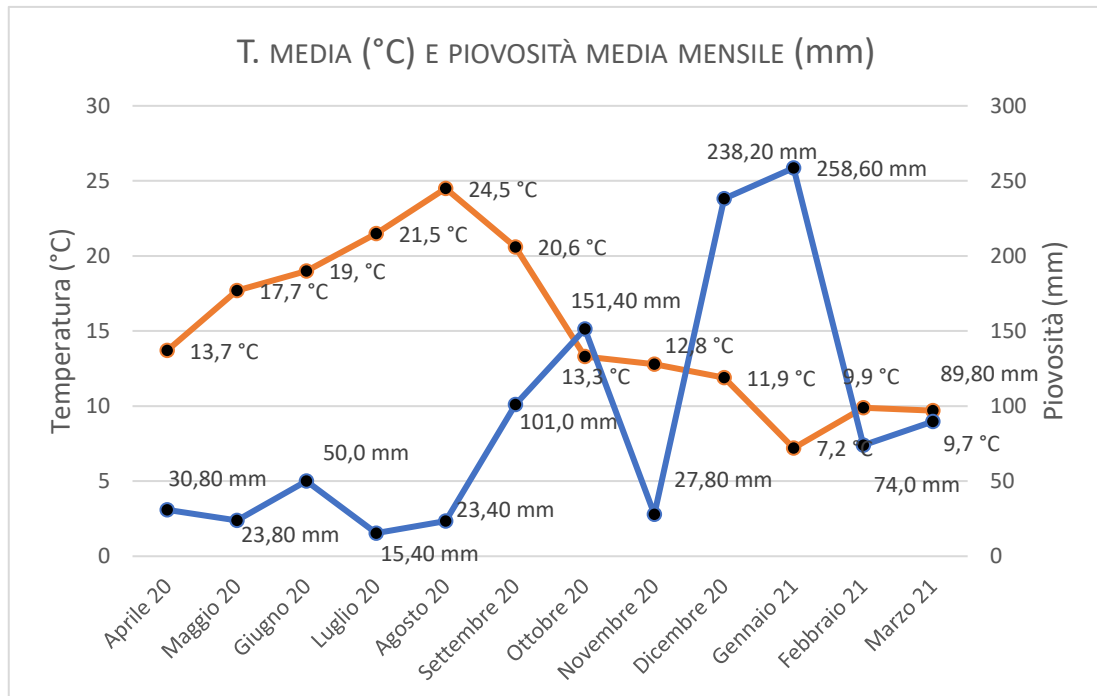


Grafico 1 Valori mensili medi di pioggia cumulata (mm) e temperatura media (°C) da aprile 2020 ad aprile 2021.

aereo della pianta, sono stati considerati i dati relativi a temperatura (grafico 1) e piovosità della stazione agrometeorologica di Grottaferrata (RM), stazione di riferimento per il sito dimostrativo, nell'arco temporale di 12 mesi: da aprile 20 ad aprile 21.

Il consumo idrico di un oliveto è determinato dalla somma della quantità di acqua trasferita dal terreno all'atmosfera per i processi di evaporazione dell'acqua dalla superficie del suolo, e per quelli di traspirazione da parte delle specie coltivate, e di altre specie presenti sulla superficie in esame (Xyloiannis et al, 1998).

Per il calcolo dell'ETc dell'oliveto oggetto della prova, sono stati considerati i dati relativi all'ETo della stazione meteorologica di Grottaferrata (RM). Il Kc medio per l'evapotraspirazione dell'acqua di un oliveto inerbito è stato considerato pari a 0,85 (Xyloiannis et al., 1998) ed è stato opportunamente corretto considerando i valori di ombreggiamento del terreno pari a 2/3 di quello atteso quando l'impianto

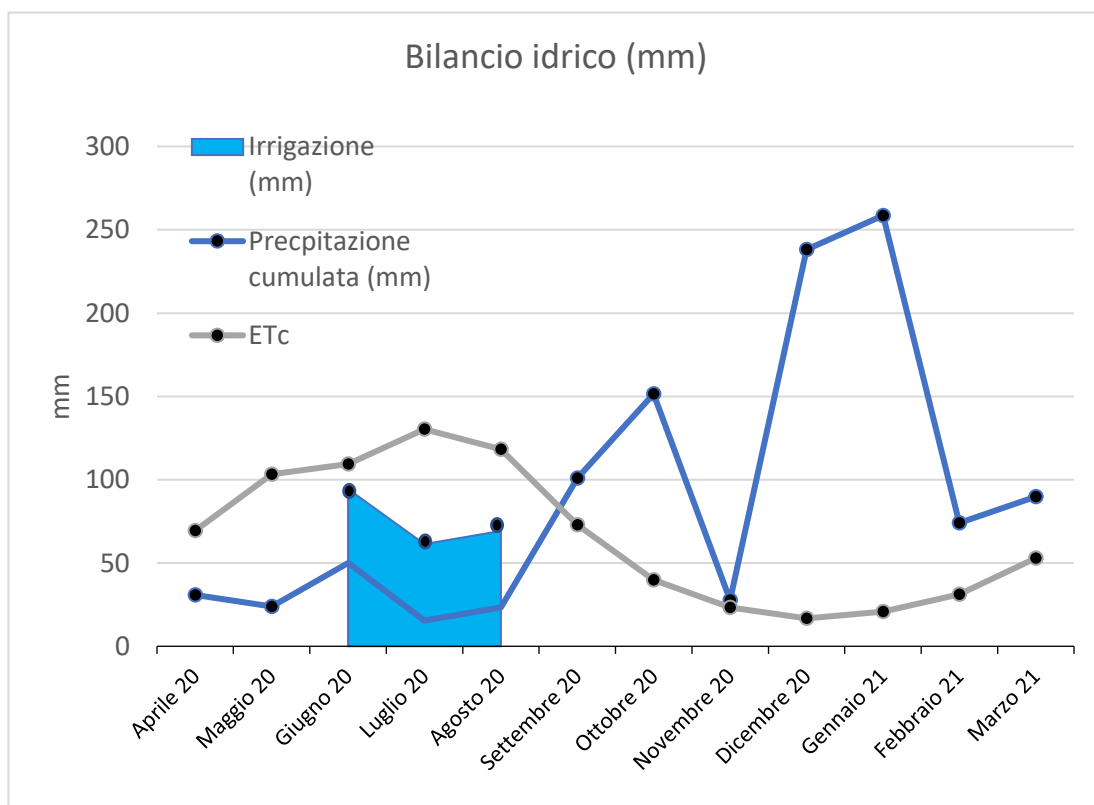


Grafico 2 Grafico che riassume le relazioni idriche interne all'oliveto per il periodo considerato. Nel periodo da aprile 2020 a settembre 20 le perdite di acqua per ET sono maggiori degli input derivanti da precipitazioni ed irrigazione

sarà nel pieno della produzione.

La formula utilizzata per il calcolo dell'Etc è la seguente:

$$\text{Etc} = \text{ETo} * (0,85 (\text{Kc}) - 0,15 (\text{FC}))$$

Il grafico 2 chiarisce le relazioni idriche per l'oliveto all'interno del periodo considerato, permette di osservare che nel periodo da aprile 2020 alla fine di agosto 2020, le perdite per evapotraspirazione superano gli input di acqua, integrati anche attraverso l'irrigazione nel periodo 01/06 – 31/08 (1,48 mm/die).

6.4 RISULTATI E DISCUSSIONE

Di seguito sono presentati e discussi i risultati misurati per le variabili relative ai diversi trattamenti. In ordine: controllo lavorato; trattamento con GrassKiller nelle tre diverse tesi 1,2 km/h; 1,7 km/h e 2,6 km/h; pacciamatura sintetica; pacciamatura biodegradabile con le tesi: microforata e non forata.

I risultati di seguito illustrati sono stati sottoposti ad analisi statistica mediante software JMP[®] Pro 14.0. Per l'analisi statistica delle osservazioni relative ai diversi trattamenti è stata utilizzata l'ANOVA ad una via. Per normalizzare la distribuzione delle unità sperimentali nei diversi trattamenti sono stati allontanati i dati "outliers". Per stabilire la significatività delle differenze riscontrare è stato impiegato il test statistico di separazione delle medie "t di Student" con $p\text{-value} = 0,05$.

6.4.1 TRATTAMENTO N° 1: CONTROLLO LAVORATO

La prima lavorazione con fresino rientrante è stata eseguita in data 25/05/2020 e ripetuta in data: 26/06/2020, 14/08/2020 ed il 11/11/2020. Le date in cui sono stati effettuati i rilievi sono 05/07/2020; 04/11/2020 e 08/04/2021.

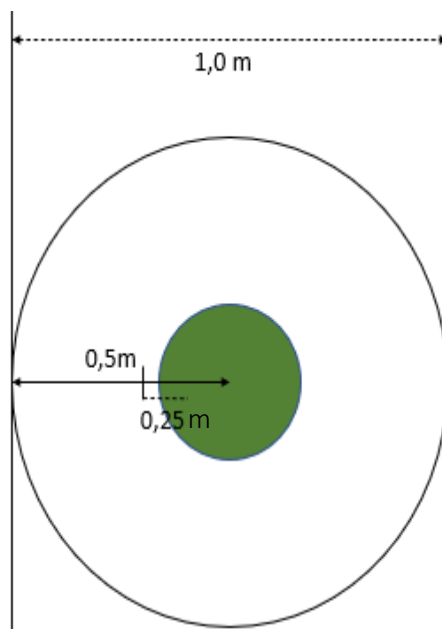


Figura 18 Modalità di esecuzione del campionamento. I campioni sono stati prelevati 0,25 m a lato del colletto delle piante coinvolte. La profondità del campionamento si è spinta a 20 cm, sono stati eliminati i primi cm di suolo contenenti eventuali residui erbacei

Nel rilievo di luglio 2020 sono state effettuate 15 repliche per tesi, ciascuna ha coinvolto una pianta differente; le repliche considerate nel rilievo di novembre sono state 5; nel rilievo di aprile 2021 il numero di repliche considerato è stato di 15. La figura 18 richiama il paragrafo “Materiali e metodi” in cui viene descritta la modalità di campionamento.

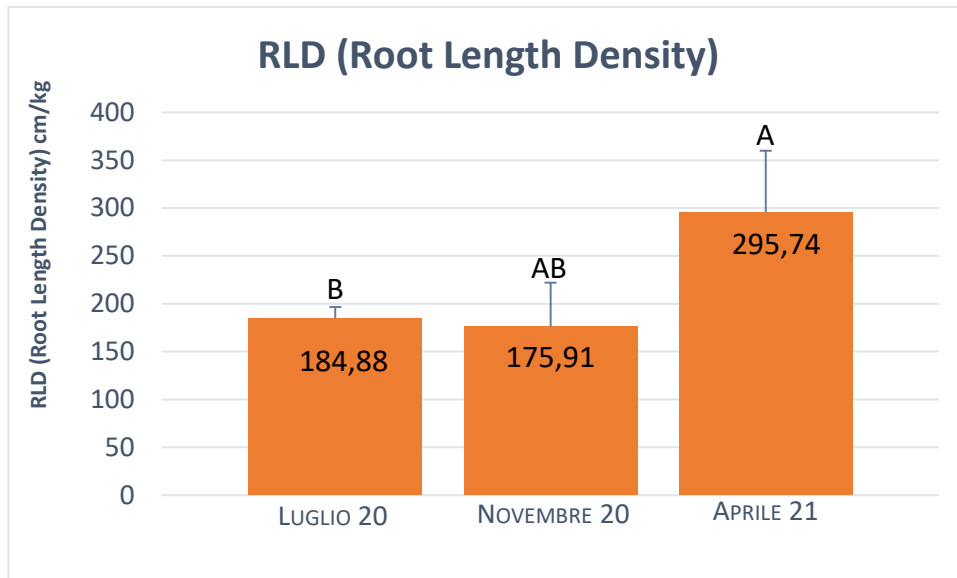


Grafico 3 Valori medi di RLD (Root Length Density) misurati per il trattamento controllo lavorato nei tre rilievi di luglio 20, novembre 20, aprile 21. Le barre indicano l'errore standard della media e lettere diverse indicano differenze significative per il test (t-student).

Osservando il valore medio dell'indice RLD (Root Length Density) misurato per il trattamento controllo lavorato: questo diminuisce lievemente nel periodo di tempo intercorso tra luglio 20 e novembre 20; mentre nel rilievo di aprile 21 si osserva un aumento significativo dell'indice predetto, rispetto al rilievo di luglio 2020.

La lavorazione meccanica produce un disturbo degli orizzonti di suolo più superficiali, provocando la rottura degli apici radicali esistenti e favorendo l'emissione di nuovi primordi radicali, che si accrescono più vigorosi e formando nuove ramificazioni (Polverigiani e Perrilli, 2013). Non bisogna trascurare inoltre l'influenza sulla crescita radicale della temperatura media dell'aria e delle disponibilità idriche del terreno, in relazione al periodo considerato (Grafico 4).

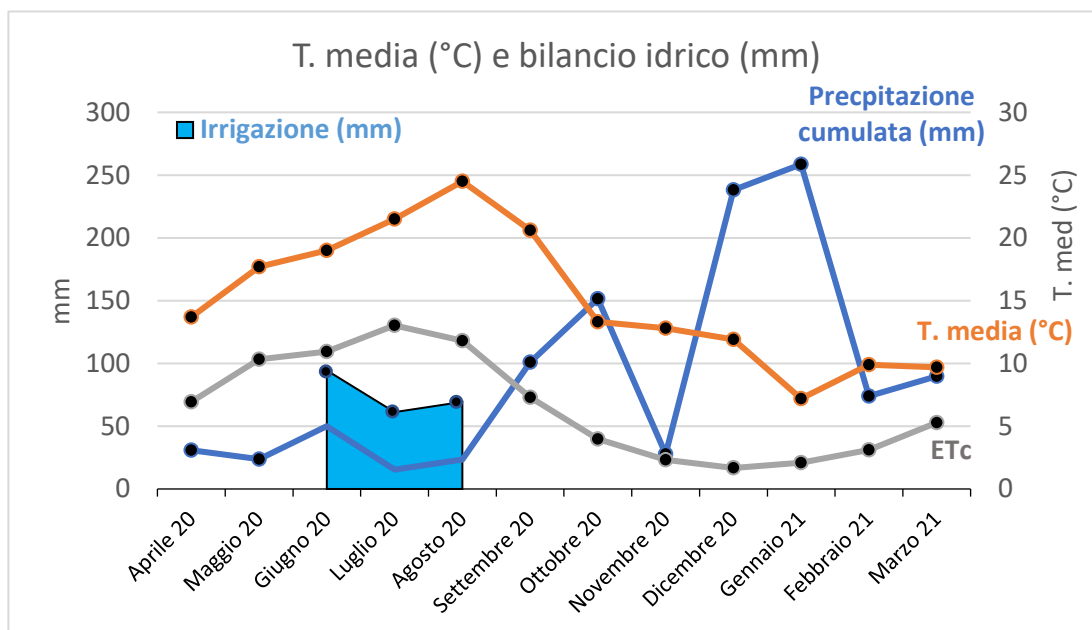


Grafico 4 Precipitazioni e temperature medie mensili rilevate dalla stazione agrometeo di Grottaferrata (RM) nei pressi del sito in cui è stata condotta la prova

Nel controllo lavorato il valore di densità radicale misurato nel rilievo dell'08/04/2021 è significativamente maggiore rispetto agli altri valori misurati (295,74 cm di radici/kg di suolo). Le ragioni sono da ricercarsi probabilmente nell'assenza di fattori di disturbo del suolo nell'intervallo temporale compreso tra l'ultima lavorazione (12/11/2020) ed il momento del rilievo (08/04/2021).

Polverigiani et al. 2012, hanno osservato che la radice di olivo nelle condizioni climatiche dell'Italia centrale non arresta la sua crescita nei mesi invernali più freddi. Insieme all'assenza di fattori di disturbo degli strati di suolo più superficiali, hanno influito sulla crescita radicale anche le temperature medie dell'aria del periodo considerato, e la precipitazioni medie del periodo, più elevate rispetto ai periodi precedenti, (Grafico 4) consentendo alla radice di colonizzare gli strati di suolo più superficiali.

Nella seconda parte di questo capitolo si prende in considerazione l'evoluzione del diametro radicale medio per il controllo lavorato (Grafico 5), misurato con il software WinRhizo.

Il diametro medio radicale misurato per il controllo lavorato è risultato significativamente più elevato nel rilievo di novembre (0,53 mm), rispetto ai due rilievi di luglio 20 ed aprile 21 (0,41 mm e 0,33mm).

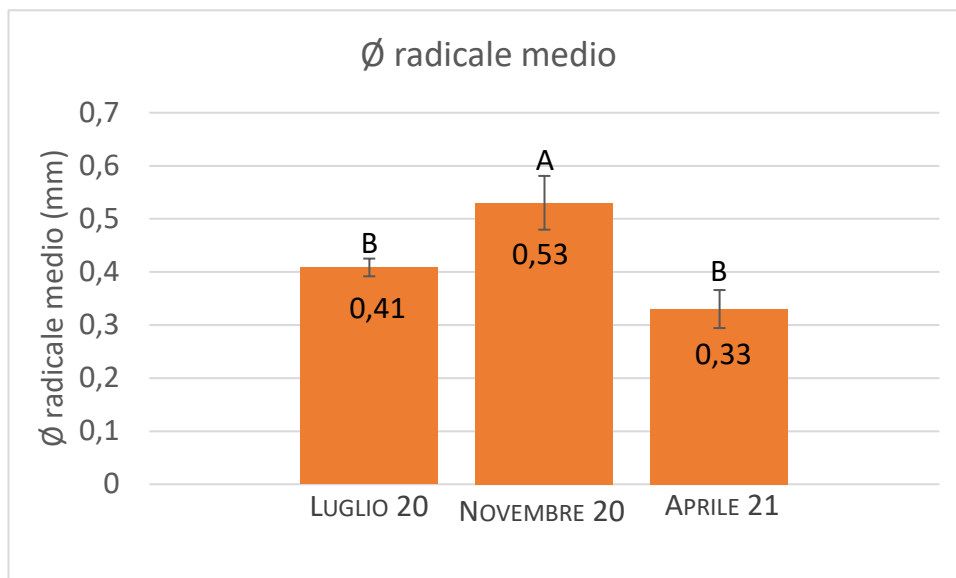


Grafico 5 Diametro radicale medio misurato nei tre rilievi per il trattamento controllo lavorato. Le barre indicano l'errore standard e lettere diverse indicano differenze significative per il test (t-student).

L'interpretazione di questo dato può essere ricondotta al disturbo del suolo prodotto dalla lavorazione, che provoca il distacco dei terminali assorbenti delle radici ed alla formazione di nuovi primordi laterali. *Zadworny & Eissenstat (2011)* hanno osservato che le radici pioniere e quelle assorbenti hanno una diversa ontogenesi e che le prime si accrescono molto più rapidamente delle seconde alla ricerca di nicchie di suolo in cui ramificarsi. Il diametro medio più elevato trovato nel mese di novembre può essere ricondotto all'insospitalità degli strati più superficiali, in cui si è verificato il disturbo degli orizzonti di terreno prodotto dalla lavorazione, insieme alla condizione di stress insorta per le elevate temperature medie del periodo, e dalle ridotte disponibilità idriche, che hanno portato all'ispessimento delle radici già presenti.

I dati relativi al diametro radicale medio più basso, misurato nel rilievo di luglio 20 e di aprile 21, sono da ricondurre alla crescita radicale avvenuta: nel periodo primaverile precedente a luglio 2020; ed a quella avvenuta nell'arco di tempo compreso tra la lavorazione dell' 11 novembre 2021 ed il campionamento, in data 08 aprile 2021. Le temperature medie dell'aria più ridotte e le disponibilità idriche più abbondanti nei periodi che precedono i due rilievi considerati, potrebbero aver influito sull'allungamento delle radici e sulla ramificazione in corrispondenza delle

nicchie di suolo esplorate, di modo che il diametro medio misurato è risultato inferiore rispetto al rilievo di novembre.

6.4.2 TRATTAMENTO N°2: DISERBATRICE GRASSKILLER

Obiettivo della prova dimostrativa è stato quello di valutare l'influenza delle diverse tecniche di gestione del sottfila sulla densità radicale di olivo. Nel capitolo precedente sono stati presi in considerazione i valori di densità radicale e di diametro radicale medio per il controllo lavorato, utilizzato come termine di confronto per gli altri trattamenti. In questo paragrafo vengono presentati e discussi i risultati dei due indici, relativi al trattamento con diserbatrice GrassKiller a tre diverse velocità d'avanzamento: 1,2 km/h; 1,7 km/h e 2,6 km/h.

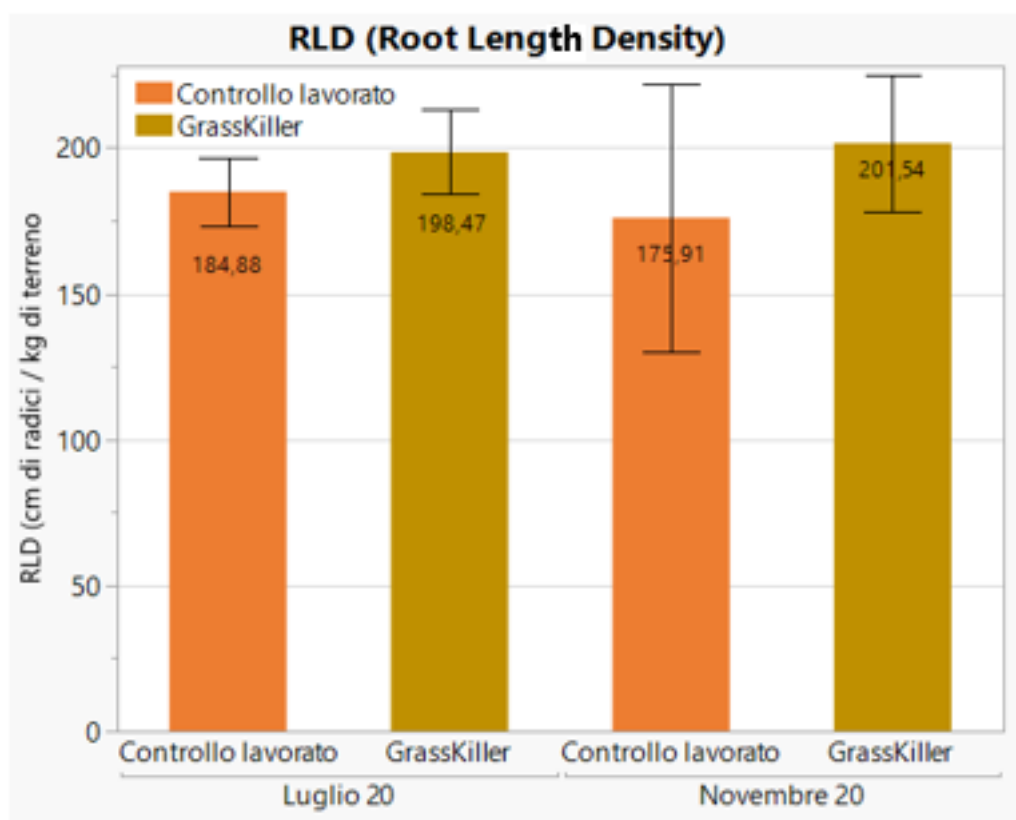


Grafico 6 RLD (Root Length Density) misurata per i trattamenti Controllo lavorato e GrassKiller. Le barre indicano l'errore standard della media

I singoli valori misurati per l'indice RLD nelle repliche delle diverse tesi GrassKiller sono stati raggruppati (Grafico 6) al fine di considerare la distribuzione complessiva dei valori per il trattamento GrassKiller, e dunque confrontare questa con la distribuzione dei valori dell'indice del controllo lavorato.

E' stato eseguito il confronto tra varianze relative a ciascun trattamento considerato in epoche differenti ed il confronto tra trattamenti diversi all'interno della stessa epoca.

Da entrambi i confronti non emergono differenze significative nella distribuzione della variabile misurata. Sulla base di questa evidenza, l'influenza della diserbatrice GrassKiller, sulla densità radicale di olivo si configura come una lavorazione vera e propria.

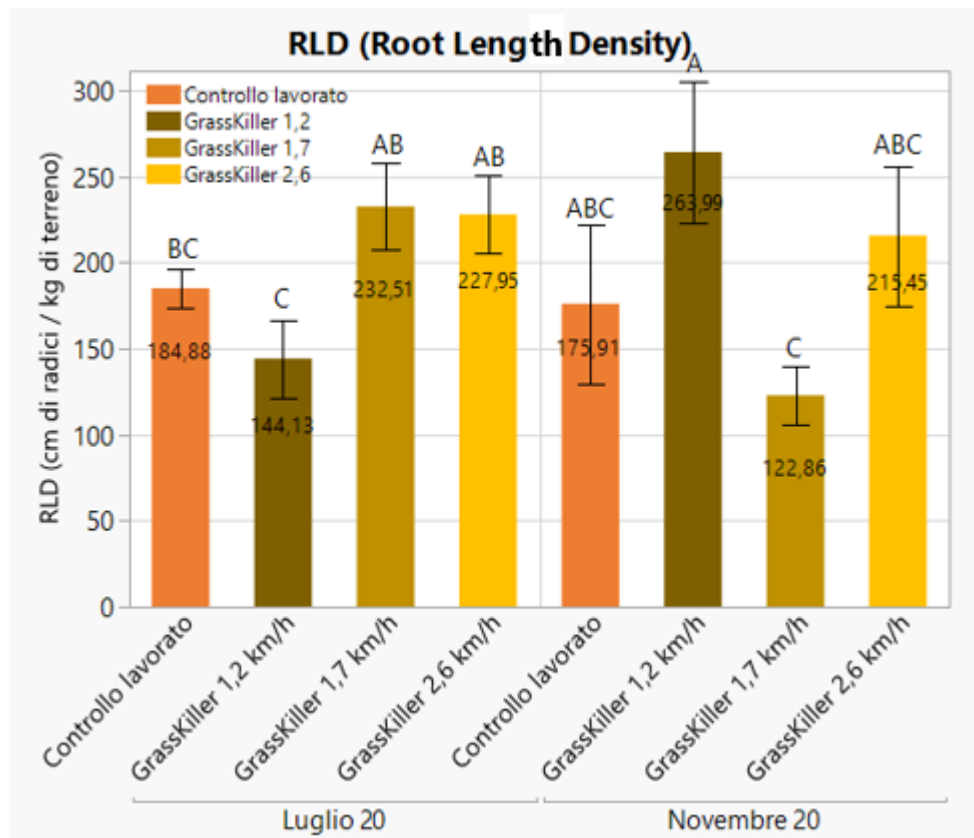


Grafico 7 Confronto dell'indice RLD tra il trattamento Controllo lavorato e le diverse tesi GrassKiller, nei due rilievi di luglio 20 e novembre 20. Le barre indicano l'errore standard e lettere diverse indicano differenze significative per il test (t-student)

In una seconda fase, la varianza relativa al trattamento GrassKiller è stata scomposta tra i valori misurati per ciascuna delle tre velocità d'avanzamento considerate (Grafico 7).

Nel grafico 7 le singole varianze relative a ciascuna delle tre tesi GrassKiller, e quella relativa al controllo lavorato sono state confrontate a coppie di due, in entrambe le epoche considerate. Il grafico 7 evidenzia una notevole variabilità nel valore dell'indice, questa variabilità non è emersa considerando complessivamente la varianza interna al trattamento GrassKiller, e confrontandola con quella del controllo lavorato (Grafico 6).

Il valore medio di densità radicale misurato per il controllo lavorato nel periodo di luglio 20 come già evidenziato dal grafico 3 non è significativamente diverso dal valore di RLD misurato per lo stesso trattamento nel rilievo di novembre 20.

Nella tesi diserbata con GrassKiller alla velocità più bassa (1,2 km/h), nel rilievo di luglio, è stato misurato un valore medio di RLD significativamente inferiore rispetto alle altre due tesi GrassKiller, ma la differenza non è risultata significativa rispetto al controllo.

Nel rilievo di luglio 20, il passaggio della diserbatrice GrassKiller alla velocità più ridotta ha avuto un'effetto più marcato sulla densità radicale misurata delle piante di olivo, rispetto alle altre due tesi GrassKiller. Misurando la densità radicale relativa alla tesi GrassKiller 1,2 km/h nel rilievo di novembre 2020, il valore trovato è risultato significativamente più elevato rispetto al valore medio misurato per lo stesso trattamento nel rilievo di luglio 20, ma non significativamente diverso né dalla tesi GrassKiller a 2,6 km/h, né dal valore trovato per il controllo lavorato. Nella distribuzione dei valori dell'indice RLD misurati per la tesi GrassKiller a 2,6 km/h, non sono state osservate variazioni significative in termini di densità radicale tra le due epoche considerate. Per la tesi GrassKiller a 1,7 km/h quanto osservato è una diminuzione significativa dell'indice RLD tra le due epoche.

L'impiego della diserbatrice alle velocità più elevate (2,6 km/h e 1,7 km/h) rispetto all'impiego della stessa a velocità ridotte (1,2 km/h), potrebbe arrecare un grado di disturbo più basso allo sviluppo dell'apparato radicale negli strati più superficiali del suolo. Alle velocità più elevate la lavorazione effettuata dalla diserbatrice è più superficiale rispetto al controllo lavorato. Per la tesi GrassKiller a 2,6 km/h ed a 1,7 km/h, a distanza di 20 giorni da quando è stata eseguita la lavorazione, il valore medio della densità radicale misurato è risultato maggiore rispetto al controllo lavorato, senza risultare però significativo. L'apparato radicale dell'olivo continua a svilupparsi in superficie, senza risentire del passaggio della macchina diserbatrice. Al momento del rilievo di novembre 20 per le tesi GrassKiller a velocità più elevate, analogamente al controllo lavorato si assiste ad una riduzione della densità radicale misurata rispetto al luglio precedente. La variazione misurata non è significativa nella tesi diserbata a velocità 2,6 km/h, lo è invece per la tesi diserbata a 1,7 km/h. Il motivo della riduzione della densità radicale osservata nel periodo compreso tra luglio e novembre, è da ricondursi al fatto che la pianta destina buona parte dei fotosintetati prodotti dalla parte aerea all'accrescimento ed alla maturazione dei frutti presenti nella porzione aerea, l'apparato radicale subisce una riduzione in termini di accrescimento (Polverigiani *et al.*, 2012). Inoltre, per buona parte del periodo compreso tra luglio e novembre (Grafico 8) le condizioni climatiche del sito sono caratterizzate da temperatura

media dell'aria elevata e ridotta disponibilità idrica, solo parzialmente compensata dall'irrigazione. Questi due fattori, insieme al disturbo arrecato al suolo dalla lavorazione, possono contribuire limitando di fatto la crescita radicale.

Le ridotte disponibilità di fotosintetati che la pianta mette a disposizione per l'apparato radicale, insieme ad un quadro di stress dovuto al caldo, potrebbero ridurre la capacità dell'apparato radicale di differenziare nuove radici pioniere, arrivando a cessare l'attività delle stutture assorbenti già differenziate al momento in cui la nicchia di terreno risulta esaurita.

Nella tesi GrassKiller alla velocità d'avanzamento di 1,2 km/h è stato osservato un aumento significativo del valore medio della densità radicale misurata dal rilievo di luglio a quello di novembre, in contro tendenza ai risultati delle altre tesi e del controllo lavorato.

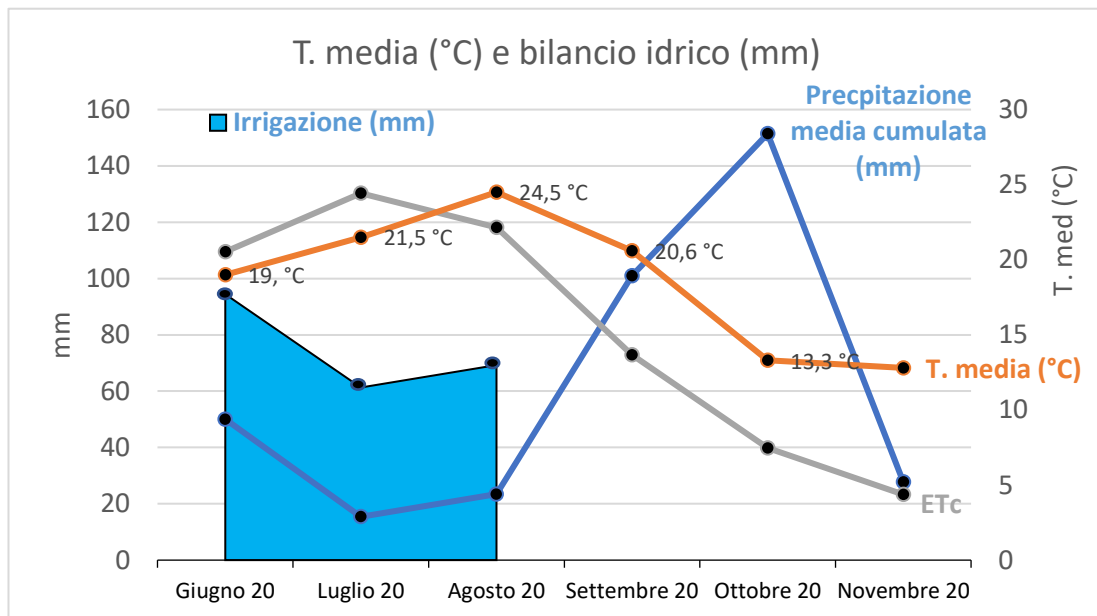


Grafico 8 Temperatura media del sito, precipitazioni medie cumulate ed evapotraspirazione colturale relativa al periodo compreso tra 01 giugno 2020 e 30 novembre 2020

La radice risponde al taglio degli apici meristematici attraverso l'emissione di radici laterali pioniere (Polverigiani et al., 2013). L'aumento della densità radicale osservato per la tesi GrassKiller alla velocità d'avanzamento di 1,2 km/h probabilmente potrebbe essere riconducibile alle lesioni operate dal passaggio della GrassKiller in corrispondenza dei terminali radicali presenti nell'area più superficiale del terreno. Nel periodo di tempo compreso tra luglio e novembre, le eventuali lesioni potrebbero aver indotto l'emissione di radici laterali più vigorose capaci di tornare a colonizzare il suolo superficiale, comunque meno disturbato rispetto a quello in cui è avvenuta la lavorazione con fresatrice. Nel

complesso la prova con Grasskiller alle diverse velocità evidenzia una crescita compensativa nel periodo considerato che porta ad avere un valore medio di densità radicale leggermente superiore a quello del terreno lavorato.

Nella seconda parte di questo paragrafo si prende in considerazione la misura del diametro medio delle radici misurato nei diversi trattamenti (Grafico 9).

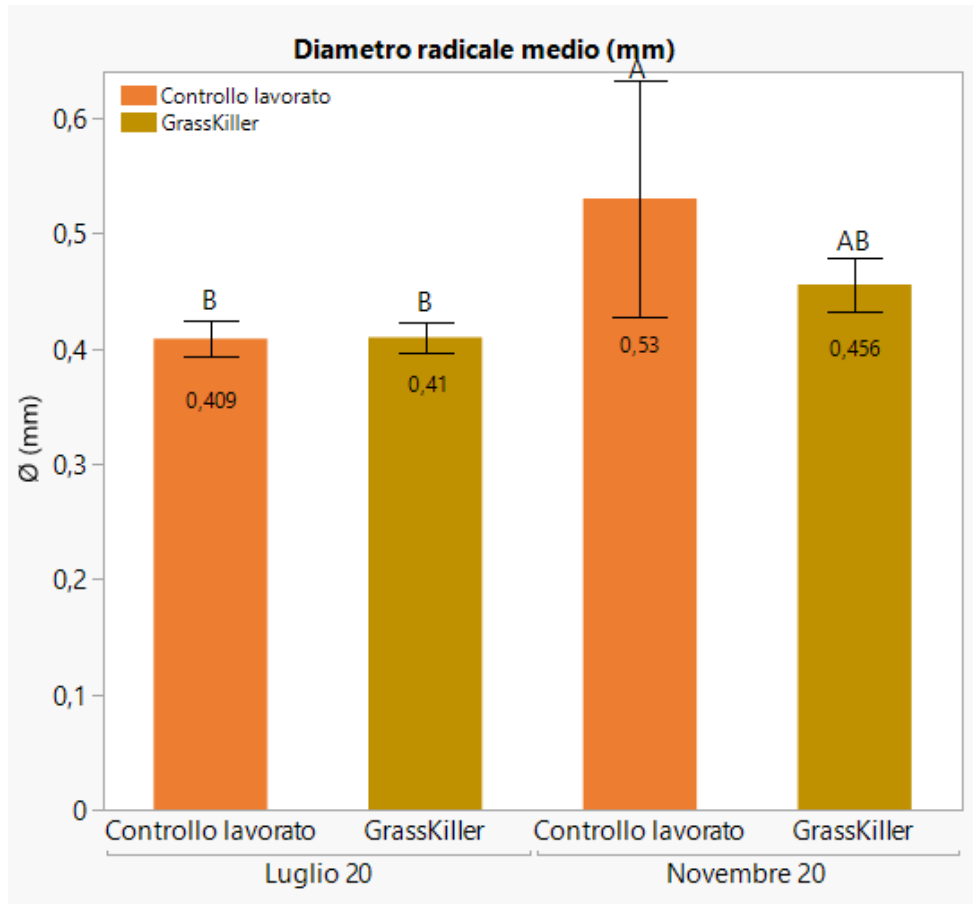


Grafico 9 Confronto del diametro radicale medio (mm) tra diversi trattamenti nella stessa epoca e tra gli stessi trattamenti in epoche diverse. Le barre indicano l'errore standard e lettere diverse indicano differenze significative per il test (t-student)

Il diametro radicale medio misurato è significativamente più elevato nel trattamento controllo lavorato nel rilievo di novembre 2020 rispetto al valore medio misurato nel rilievo di luglio 2020. Anche per il trattamento GrassKiller è osservabile un leggero aumento del diametro medio radicale misurato nel rilievo di novembre, sebbene la differenza osservata non sia statisticamente significativa rispetto al valore trovato per lo stesso trattamento nel rilievo di luglio 2020.

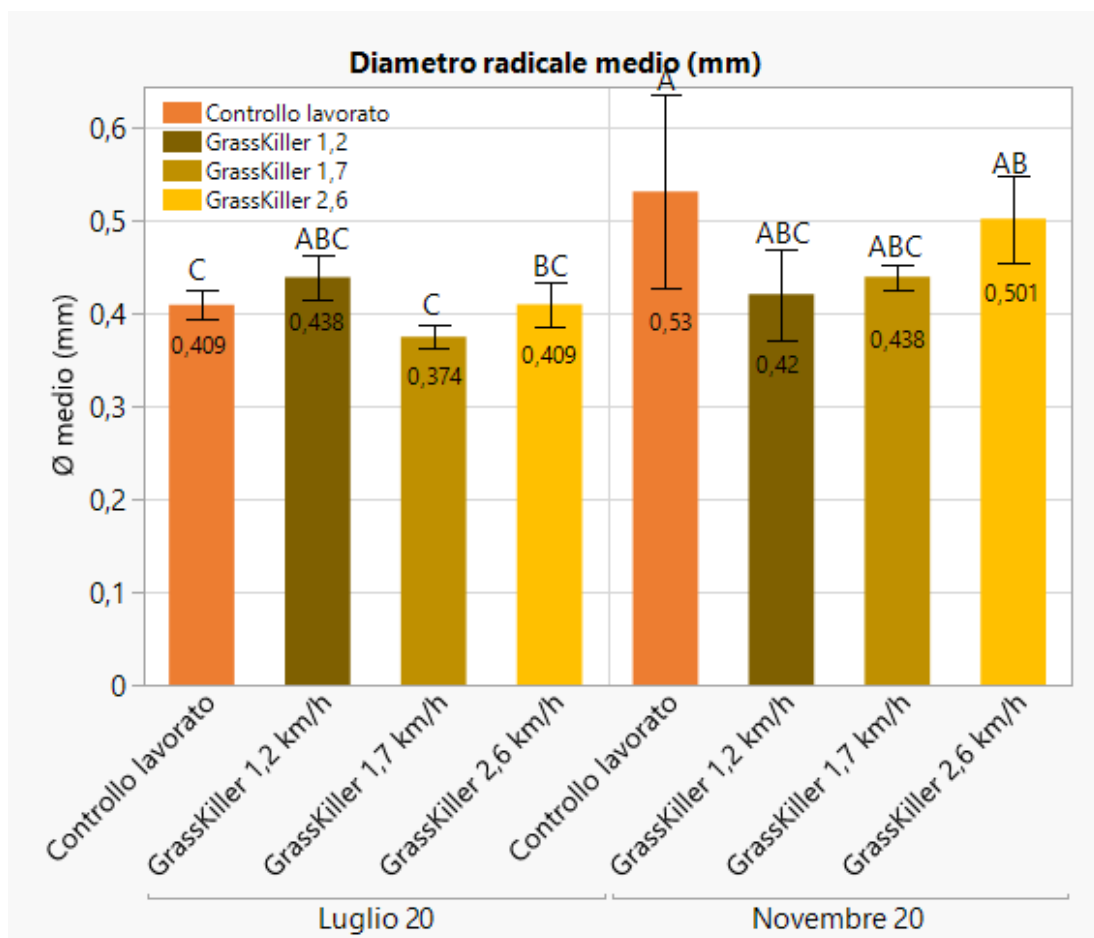


Grafico 10 Confronto dei valori medi del diametro radicale (mm) tra diverse tesi GrassKiller ed il trattamento Controllo lavorato nelle due epoche di luglio 20 e di novembre 20. Le barre indicano l'errore standard, lettere diverse indicano differenze significative per il test (t-student)

Scomponendo la varianza della distribuzione della variabile diametro radicale medio (mm) tra le diverse tesi del trattamento GrassKiller (Grafico 10) emerge immediatamente un'elevata variabilità dei valori del diametro medio misurati nelle diverse tesi. Fatta eccezione per il controllo lavorato, i valori medi del diametro radicale misurati per le singole tesi nelle due epoche, non sono significativamente differenti tra loro. Anche dal confronto delle varianze misurate tra tesi diverse in una stessa epoca, non emergono differenze significative.

Il leggero aumento del diametro radicale medio misurato nel rilievo di novembre 20 può essere ricondotto all'intervallo di tempo intercorso dall'ultima lavorazione (avvenuta in data 16/06/2020 per la diserbatrice GrassKiller; in data 14/08/2020 per la lavorazione con fresino rientrante). Probabilmente ha influito anche la riduzione

della temperature media dell'aria ed l'aumento delle precipitazioni medie cumulate nei mesi di settembre ed ottobre (Grafico 8), fattori che hanno consentito alle radici di accrescersi in diametro, tuttavia senza ramificarsi, dato l'indice RLD più basso per la maggior parte delle tesi tra luglio e novembre.

6.4.3 TRATTAMENTO N°3: PACCIAMATURA

Nella prova dimostrativa considerata, il 15 luglio 2020 sono stati messi a dimora teli pacciamanti realizzati in diverso materiale per la gestione del sottofila. In un filare la pacciamatura è stata realizzata con telo antialga in materiale sintetico; in un altro filare è stato messo a dimora un telo in materiale biodegradabile realizzato in amido di mais, per metà filare il telo era intero (ovvero senza microforature) e per la restante metà microforato.

Il prelievo dei campioni di terreno è avvenuto al di sotto del telo pacciamante, ad una distanza di 0,25 m dal colletto della pianta, alla base del tronco, scostando leggermente il telo pacciamante, ed eliminando la porzione più superficiale del terreno, contenente residui erbacei. E' stata quindi prelevata una carota di terra di volume noto, a 0,20 m di profondità.

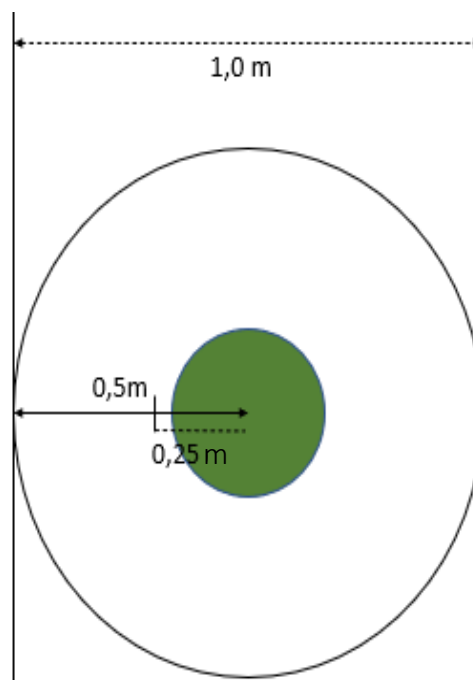


Figura 19 Schema che riassume la modalità di esecuzione del campionamento. Il prelievo è stato eseguito prelevando una carota di terreno lunga 0,20m ad una distanza di 0,25m dalla base del tronco della pianta di olivo

Nel presente paragrafo vengono presentati e discussi i risultati relativi ai valori di densità radicale e di diametro medio, misurati al di sotto delle diverse pacciamature nei rilievi del 04/11/2020 e del 08/04/2021.

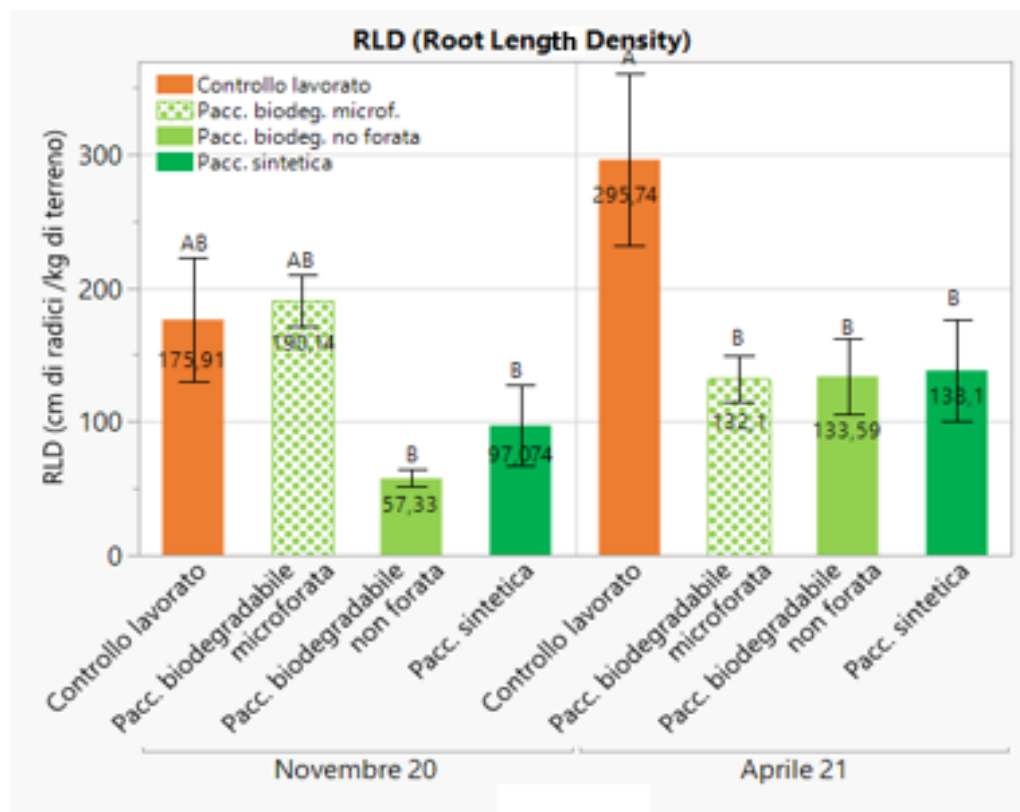


Grafico 11 Confronto tra RLD misurate nei diversi trattamenti pacciamanti e nel controllo lavorato. Le barre indicano l'errore standard, lettere diverse indicano differenze significative per il test (t-student)

I valori medi di densità radicale sono stati misurati considerando l'indice RLD (Root Length Density), espresso come cm di radici / kg di suolo. Il valore medio, per il controllo lavorato misurato nel rilievo di aprile 2021, è risultato significativamente più elevato rispetto ai trattamenti pacciamati, le cui densità radicali misurate non sono risultate significativamente differenti.

La densità radicale misurata per il trattamento controllo è più elevata nel rilievo di aprile (295,74 cm/kg) rispetto a quello di novembre (175,91 cm/kg) ma dal confronto delle due distribuzioni, non emergono differenze significative.

Anche per gli altri trattamenti considerati il valore medio di densità radicale misurato nelle due epoche considerate non è significativamente diverso. In buona parte dei trattamenti pacciamati si osserva un aumento della densità radicale dal

rilievo di novembre rispetto a quello di aprile, fatta eccezione per la pacciamatura biodegradabile microforata per cui invece si è osservata una diminuzione dell'indice di densità radicale.

L'aumento della densità radicale nel rilievo di aprile 21, osservato per quasi tutti i trattamenti, è conseguenza dell'attività di crescita radicale nel periodo di tempo considerato in accordo con i risultati dello studio *Polverigiani et al., 2011* sulla crescita radicale di olivo.

La lavorazione del sottofila in olivo produce un aumento nel tempo della densità radicale. I motivi sono da ricercarsi nel disturbo che la lavorazione provoca in corrispondenza degli strati di suolo coinvolti, provocando l'emissione di nuovi primordi radicali laterali in seguito alla rottura degli apici radicali pre-esistenti. I nuovi primordi radicali esplorano il terreno alla ricerca di nicchie ricche di acqua ed elementi minerali in cui ramificarsi. Gli apici radicali laterali di nuova formazione, si allungano più velocemente rispetto agli apici radicali già presenti (*Polverigiani e Perilli, 2013*).

Al di sotto dei filari pacciamati è ragionevole ritenere che il suolo non abbia subito disturbi di natura meccanica a partire dal momento in cui è avvenuta la messa a dimora dei teli.

La diminuzione di densità radicale osservata per la pacciamatura con telo biodegradabile microforato è probabilmente da ricondurre all'influenza della temperatura sulla crescita radicale. Nel rilievo di novembre per la pacciamatura microforata è stato misurato un valore di RLD più elevato rispetto al controllo lavorato, sebbene questa differenza non sia risultata significativa rispetto agli altri trattamenti considerati. La marcata diminuzione in termini di densità radicale che si verifica tra le due epoche in cui sono avvenuti i rilievi è da ricondurre probabilmente a fattori che non sono stati presi in considerazione in questa tesi, quale la temperatura del suolo al di sotto delle diverse pacciamature.

Al di sotto della pacciamatura sintetica nel rilievo di novembre 2020 è stato misurato un valore del diametro medio della radice significativamente più elevato rispetto agli altri trattamenti (Grafico 12). Questa osservazione può essere giustificata dal fatto che al di sotto della pacciamatura sintetica nel periodo estivo più caldo si sono raggiunte temperature del suolo incompatibili con la crescita radicale, e le radici

piuttosto che ramificarsi (densità radicale più bassa rispetto al controllo), si sono accresciute in diametro proseguendo l'esplorazione del terreno attraverso l'allungamento progressivo degli apici radicali. Mentre, le ripetute lavorazioni, del 15/06/2020 e da quella del 14/08/2020 nel controllo lavorato hanno provocato la rottura degli apici radicali pre-esistenti e l'emissione di nuovi primordi laterali, da cui ci si aspetta un diametro medio più ridotto rispetto alla tesi pacciamata, data la più giovane età. Dal confronto fra le due epoche (Grafico 12), si osserva come nel rilievo di aprile 2021 il diametro medio delle radici sia diminuito in tutti i trattamenti osservati, in relazione al fatto che in questa fase le radici si sono ramificate a produrre radici assorbenti a seguito della colonizzazione di nicchie di terreno da cui esse assorbono acqua ed elementi nutritivi, senza che si siano potute osservare differenze significative nel diametro medio tra i diversi trattamenti del rilievo di aprile.

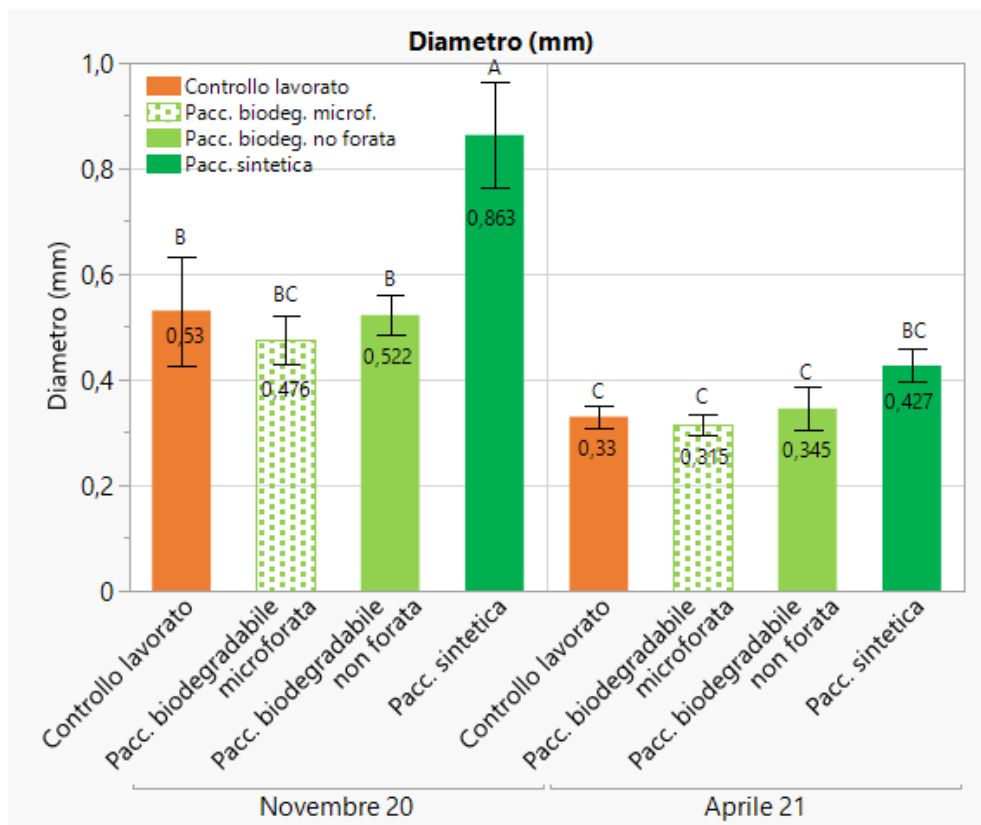


Grafico 12 Confronto fra valori del diametro medio (mm) misurato nei diversi trattamenti ed in epoche diverse. Le barre indicano l'errore standard e lettere diverse indicano differenze significative per il test (t-student)

Emerge una differenza significativa, tra il diametro medio radicale misurato al di sotto della pacciamatura sintetica e quello misurato al di sotto delle due pacciamature biodegradabili nel rilievo di novembre 2020. La ragione di questo divario è probabilmente da ricercarsi nel fatto che i diversi tipi di pacciamatura influenzano in maniera diversa la temperatura ed il bilancio idrico del suolo (*Pramanik et al.*, 2015). *Fan et al.*, 2012 hanno osservato che la pacciamatura in materiale organico riesce a controllare più efficacemente di quella sintetica l'aumento di temperatura del suolo nei periodi più caldi, evitando che questa raggiunga valori elevati. La differenza di temperatura al di sotto delle diverse pacciamature è stata osservata anche dalla sperimentazione di *Lodolini et al.* (2014). Dunque, la ragione della marcata differenza in termini di diametro medio tra la pacciamatura sintetica e quella biodegradabile potrebbe ricercarsi nella differenza di temperatura al di sotto dei due teli pacciamanti. In accordo con gli studi di cui sopra, il telo in materiale sintetico potrebbe essere responsabile di un aumento della temperatura nelle zone di terreno immediatamente al di sotto del telo, più marcato rispetto al telo biodegradabile. Il calore eccessivo dunque, anch'esso fattore di disturbo per la crescita radicale, potrebbe essere responsabile dell'ispessimento delle radici ivi presenti e dell'approfondimento delle stesse per esplorare strati di suolo con temperature accettabili per lo sviluppo delle radici assorbenti. Altro aspetto da tenere in considerazione, probabilmente legato alla temperatura raggiunta al di sotto dei teli pacciamanti nei periodi più caldi dell'anno, è anche il valore medio di densità radicale più basso, misurato al di sotto delle due pacciamature intere, rispetto a quella microforata. Tuttavia, questa tesi non ha preso in considerazione i dati relativi alla temperatura del suolo, dunque queste ipotesi non possono essere confermate.

Non emergono invece differenze significative tra i diametri medi della radice misurati al di sotto delle altre pacciamature e del controllo nel rilievo di novembre 2020. I motivi dell'assenza di differenze nel diametro medio, sono da ricercarsi nella fase di stallo della crescita radicale, in corrispondenza della crescita e maturazione dei frutti di olivo (*Polverigiani et al.*, 2011) e probabilmente delle condizioni microclimatiche che si creano al di sotto della pacciamatura organica, più favorevoli alla colonizzazione degli strati più superficiali. Anche se quest'ultima resta un'ipotesi da confermare, in assenza di dati relativi alla temperatura del terreno.

Nel paragrafo seguente viene presa in considerazione la variazione di due indici misurati della parte aerea nel corso dell'anno 2020, in cui è avvenuta la sperimentazione.

6.4.4 VARIAZIONI IN ACCRESCIMENTO DELLA PORZIONE AEREA

Nel rilievo del 05 febbraio 2020 coincidente con l'inizio della stagione vegetativa, ed in quello del 12 ottobre 2020 sono stati misurati i parametri relativi all'evoluzione della parte aerea della pianta: altezza della pianta, misurata a partire dal colletto; e l'indice TCSA (Trunk Cross Section Area) misurato a partire dal diametro della sezione a 20cm di altezza dal colletto della pianta.

La variazione in altezza misurata è significativamente più elevata nel trattamento con pacciamatura sintetica, rispetto agli altri trattamenti (Grafico 13). Tra gli altri trattamenti non sono emerse differenze significative nella variazione in altezza delle piante.

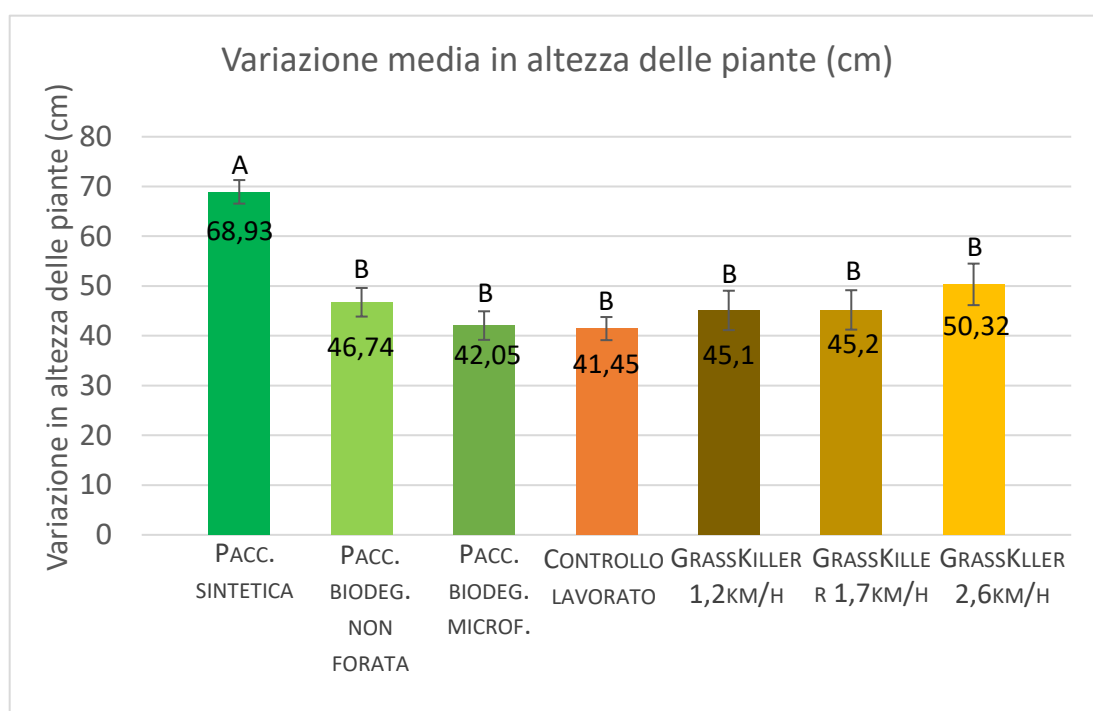


Grafico 13 *Variazione media in altezza delle piante in relazione ai diversi trattamenti. Le barre indicano l'errore standard e lettere differenti indicano differenze significative test (t-student)*

L'altro indice considerato per valutare la variazione nel tempo della parte aerea è il TCSA (*Trunk Cross Section Area*).

Misurando la variazione dell'indice TCSA per i diversi trattamenti, è ancora la pacciamatura con telo sintetico antialga messa a dimora il 15 luglio 2020 che ha indotto il maggiore accrescimento in diametro del tronco delle piante. L'accrescimento misurato è significativamente più elevato rispetto a tutti gli altri trattamenti, per i quali invece non si sono osservati valori significativamente diversi tra loro; e comunque sono risultati inferiori rispetto al trattamento pacciamato con telo sintetico.

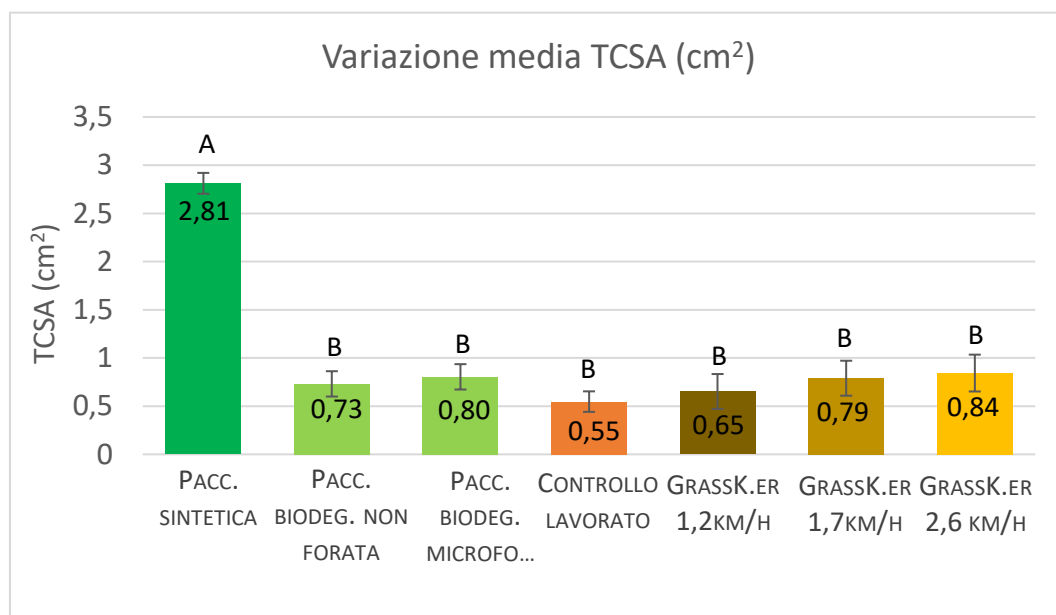


Grafico 14 *Variazione media TCSA (Trunk Corss Section Area) in relazione ai diversi trattamenti. Le barre indicano l'errore standard mentre lettere differenti indicano differenze significative per il test (t-student)*

CAPITOLO 7

CONCLUSIONI

Lo studio dell'apparato radicale è una missione lunga e complessa, dal momento che le radici non sono direttamente osservabili. Esistono diversi metodi di analisi, il metodo di analisi scelto per indagare la densità radicale in questa prova è tra quelli che richiedono oneri ridotti in termini economici, oltre a garantire la possibilità di poter effettuare confronti nel tempo. Tuttavia, un limite di questo metodo sta nei lunghi tempi di lavorazione dei campioni, per la separazione delle radici, oltre che nell'abilità dell'operatore nel discernere le radici di olivo da quelle di altre specie. Per ridurre la quota d'errore ed avere un quadro chiaro della situazione, occorre un numero di repliche elevate per ciascun trattamento.

La tecnica di gestione del sottofila, come risulta da questo lavoro di tesi, si ripercuote sullo sviluppo dell'apparato radicale.

Per indagare l'influenza delle tecniche di gestione del sottofila sono stati considerati l'indice RLD (Root Length Density) che esprime la densità radicale come cm di radici / kg di terreno ed il diametro medio radicale espresso in mm.

Lo sviluppo dell'apparato radicale è influenzato da una serie di fattori quali: fattori di disturbo meccanico, temperatura del suolo, disponibilità idrica, competizione della radice di olivo con quella di altre specie. Questa tesi si è concentrata sull'influenza del fattore disturbo meccanico del suolo prodotto dalle lavorazioni e su diversi tipi di pacciamatura e diserbo con acqua in pressione sulla densità radicale di olivo.

I rilievi analizzati sono relativi a tre diverse epoche: il rilievo del 05 luglio 2020, il rilievo del 04 novembre 2020 ed il rilievo dell'08 aprile 2021. Sono stati considerati i valori relativi alla temperatura media dell'aria, alle precipitazioni medie cumulate nel periodo ed all'evapotraspirazione, relativi al sito dimostrativo, per contestualizzare le variazioni della densità radicale misurate (Grafico 15)

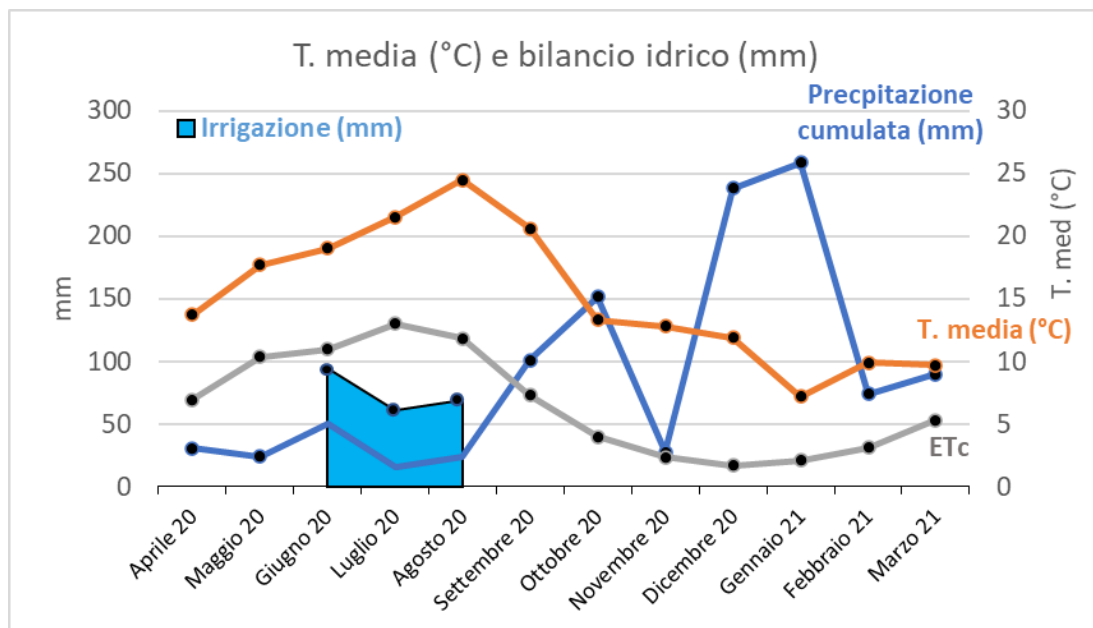


Grafico 15 Temperatura media mensile (°C), pioggia cumulata (mm) ed Evapotraspirazione colturale (Etc) per il periodo in cui è stata condotta la prova



Figura 20 Diserbatrice GrassKiller a lavoro lungo il filare

Da quanto osservato nel corso della presente tesi, è possibile trarre delle considerazioni generali sul comportamento dell'apparato radicale di un giovane oliveto in alta densità nel sito della prova dimostrativa.

Il valore di densità radicale medio misurato è risultato maggiore nei suoli lavorati rispetto al valore dello stesso misurato nei suoli pacciamati. Questo diminuisce nel periodo compreso tra il rilievo di luglio e quello di novembre, per tornare ad aumentare nel periodo compreso tra novembre ed aprile. All'aumentare del valore di densità radicale, diminuisce quello relativo al diametro medio delle radici. Nel rilievo di aprile il valore del diametro è più basso di quello misurato a novembre in tutti i trattamenti considerati.

La spiegazione è da ricercarsi nei ritmi di crescita che la radice dell'olivo nell'ambiente del centro Italia favoriscono la crescita invernale e di inizio primavera, nel periodo compreso tra novembre ed aprile. La radice torna a ramificare dopo il periodo estivo autunnale caratterizzato da alte temperature che favoriscono l'aumento diametrico e meno l'allungamento e la ramificazione negli strati superficiali (primi 20 cm del profilo).

Il diserbo con acqua ad alta pressione con GrassKiller (Figura 20) in termini di variazione della densità radicale produce risultati simili al controllo lavorato, ma sono evidenti leggere differenze dovute alla diversa velocità di avanzamento.

Il passaggio con GrassKiller a velocità d'avanzamento ridotta (1,2 km/h) ha provocato un aumento significativo del valore medio di densità radicale misurato, dal rilievo di luglio 20 a quello di novembre 20. Il motivo dell'aumento significativo del valore di RLD è probabilmente da ricercarsi nella particolare lavorazione che la macchina effettua a questa velocità d'avanzamento. Di fatto il getto d'acqua ad alta pressione è in grado di ledere gli apici radicali delle piante che incontra nei primi cm di suolo (come dichiarato dalla casa produttrice), stimolando il ricaccio dei primordi laterali nella radice dell'olivo. A differenza della fresatrice, tuttavia, la diserbatrice GrassKiller non provoca il rimescolamento degli orizzonti del suolo, cosicché i primordi laterali possono tornare a ramificarsi in corrispondenza degli orizzonti più superficiali. Nel rilievo di novembre 2020 le radici laterali più vigorose tornano ad occupare gli strati di suolo più superficiali, a differenza della tesi lavorata con fresatrice, ed il valore di densità radicale misurato risulta più elevato rispetto a luglio.

Le tesi GrassKiller a velocità più elevate (1,7 km/h e 2,6 km/h) arrecano un disturbo ridotto agli apici radicali di olivo in crescita, per cui i primordi laterali non vengono indotti a svilupparsi, probabilmente controllati dalla dominanza dell'apice radicale. Si assiste alla diminuzione della densità radicale tra le due epoche di luglio 20 e novembre 20 in entrambe le tesi GrassKiller 1,2 km/h ed 1,7 km/h. Le cause che provocano la diminuzione della densità radicale sono da ricercarsi in fattori endogeni. Come osservato dallo studio *Polverigiani, 2011* su piante mature in questa fase la pianta destina la maggior parte dei fotosintetati alla crescita ed alla maturazione dei frutti. Anche fattori legati all'andamento climatico in corrispondenza del periodo autunnale sono importanti, in quanto le riserve idiche del terreno potrebbero non essere ancora completamente ripristinate dopo il periodo di secco estivo mentre l'evapotraspirazione potrebbe risultare ancora elevata.

Questo andamento potrebbe essere causa di un impedimento alla crescita in superficie, cui la radice fa fronte con un ispessimento dei tessuti e un aumento del calibro. Dall'osservazione della variazione del diametro radicale medio (mm) si riscontra la tendenza di questo valore a diminuire, se la densità radicale aumenta e viceversa.

Il diserbo del sottofila con GrassKiller ha il vantaggio di operare un diserbo senza l'impiego di erbicidi di sintesi. I risultati della presente tesi non escludono che però soprattutto a velocità di avanzamento più ridotte, il diserbo con macchina GrassKiller possa configurarsi come una lavorazione vera e propria, in termini di sviluppo dell'apparato radicale della pianta. Aumentando la velocità l'effetto di disturbo radicale risulta meno evidente.

I valori medi di densità radicale osservati al di sotto delle pacciamature sono risultati inferiori rispetto alle tesi lavorate. Tuttavia, anche al di sotto delle pacciamature si osserva la tendenza della densità radicale ad aumentare dal rilievo di novembre a quello di aprile, con una diminuzione del diametro medio osservato. L'unico trattamento pacciamato per cui si è osservata una densità radicale elevata, se confrontata rispetto ai valori misurati per le altre due pacciamature, è la pacciamatura con telo biodegradabile microforato.

E' ragionevole escludere che al di sotto delle pacciamature possano intervenire fattori di disturbo meccanici, ma allo stesso tempo non si può escludere che altri fattori, quali la temperatura, influenzino la densità radicale.

Al di sotto della pacciamatura sintetica nel rilievo di novembre 2020 sono stati trovati valori ridotti di densità radicale, ma un diametro medio elevato, da interpretare probabilmente come un ispessimento delle radici presenti, che stanno esplorando nicchie di terreno più profonde o più esterne con condizioni migliori alla sopravvivenza della radice.

Lo stesso valore di densità radicale ridotto è stato osservato anche al di sotto della pacciamatura biodegradabile intera, sebbene il diametro medio misurato non fosse significativamente diverso dal controllo lavorato e dalla pacciamatura con telo biodegradabile microforato. E' dunque necessario proseguire le ricerche, ed indagare i valori di temperatura del suolo al di sotto delle diverse pacciamature che potrebbero essere influenzati dal diverso materiale di cui la pacciamatura è composta, rendendo gli strati immediatamente al di sotto della pacciamatura sintetica inospitali alla crescita radicale.

Osservando i valori di accrescimento in altezza della chioma ed in diametro dei tronchi, valori di crescita significativamente maggiori sono stati trovati per le piante pacciamate con telo sintetico. Alla luce dei risultati la pacciamatura sintetica ha favorito lo sviluppo aereo delle giovani piante di olivo nelle specifiche condizioni pedo-climatiche della prova, pur non stimolando la crescita radicale in superficie. Tuttavia il maggiore calibro radicale induce a ipotizzare una maggiore esplorazione del suolo, probabilmente indotta da un cambiamento del regime termico ed idrico durante la stagione.

BIBLIOGRAFIA

- Albert T., Karp. K, Starast M., Paal T. (2010). *The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry*. Agronomy Research. 8. 759 - 768.
- Balota E. L. O, Machineski O., Truber P. V., Auler P. An. M. (2011) *Effect of tillage systems and permanent groundcover intercropped with orange trees on soil enzyme activities*. Braz. arch. biol. technol. [online]. vol.54 n.2, pp.221-228.
<https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000200001>
- Benlloch-González M., Sánchez-Lucas R., Benlloch M. (2017) *Effects of olive root warming on potassium transport and plant growth*. Journal of Plant Physiology vol. 218, Pp. 182-188. ISSN 0176-1617. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.07.018>.
- Bond,W., Grundy,A.C. (,2001).*Non-chemical weed management in organic farming systems*. WeedRes. 41, pp. 383–405
- Bradshaw T. (2017): *Non-chemical weed management in orchards*. Available at http://www.uvm.edu/~fruit/?Page=treefruit/tf_horticulture.html
- Caporali F. (1991) – *Ecologia per l'agricoltura*. UTET, Torino
- Celano G., Palese A.M., Xiloyannis C. (2003) - *Gestione del suolo. Olea: Trattato di Olivicoltura (a cura di Piero Fiorino)*. Il Sole 24 Ore Edagricole: 349-363
- Chicouene D. (2007) *Mechanical destruction of weeds. A review*. Agron. Sustain. Dev. 27. pp. 19–27
- Daane K.M., Hogg B.N., Wilson H., Yokota G.Y. (2018). *Native grass ground covers provide multiple ecosystem services in Californian vineyards*. *J Appl Ecol.* n.55. pp.2473– 2483 <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13145>
- Ephrath J.E., Klein T., Sharp R.E. et al. *Exposing the hidden half: root research at the forefront of science*. *Plant Soil* **447**, 1–5 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04417-y>
- Frasier I., Noellemeyer E., Fernández R., Quiroga A. (2016). *Direct field method for root biomass quantification in agroecosystems*. *MethodsX* Vol.3. pp. 513-519. ISSN 2215-0161. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2016.08.002>.
- Fullen M. A., Subedi M., Booth C. A., Sarsby R. W., Davies, K., Bhattacharyya R., Kugan R., Luckhurst D. A., Chan K., Black A. W. et al. (2011). *Utilising biological geotextiles: Introduction to the BORASSUS project and global perspectives*, *Land Degradation & Development* 22 (5):453 DOI: 10.1002/ldr.1105

- García-Díaz A., Bienes R., Sastre B., Novara A., Gristina L., Cerdà A. (2017) *Nitrogen losses in vineyards under different types of soil groundcover. A field runoff simulator approach in central Spain.* *Agric. Ecosyst. Environ.* nr.236, pp. 256–267.
- Giorgi V. *PLASTICITÀ DELL'APPARATO RADICALE: risposta allo stress osmotico ed alla presenza di residui organici*, Tesi di Dottorato di ricerca, UniVPM, 2006
- Giorgi V., Lodolini E.M., Bergomi P., Bora Saracinelli I., Tonti G. (2007). *Pacciamatura organica nell'oliveto*. Proceedings of the VIII SOI Scientific Symposium. Sassari, Italy, pp. 8-12.
- Giorgi V., Neri D., Lodolini E.M., Massetani F. (2007). *Olive (Olea europaea L.) root growth in soil sectors with olive husks and hay residues*. *Int. J. Fruit Sci.* n.7, pp. 19-32
- Giorgi V., Ponzio C., Neri D. (2010). *Olive root growth with different organic matters*. *Acta Horticulturae* n. 873. pp. 123-128. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.873.12.
- Granatstein D., Sanchez E. (2009) *Research knowledge and needs for orchard floor management in organic fruit system*. *International Journal of Fruit Science* nr. 9. pp 257–281
- Hammermeister A.M. (2016): *Organic weed management in perennial fruits*. *Scientia Horticulturae* n. 208. pp. 28–42.
- Harrington K.C., Hartley M.J., Rahman A., James T.K. (2005) *Long term ground cover options for apple orchards*. *New Zealand Plant Prot.* n. 58. pp:164–168
- Keesstra S., Pereira P., Novara A., Brevik E. C., Azorin-Molina C., Parras-Alcántara L., Jordán A., Cerdà A.. (2016) *Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards*. *Science of The Total Environment*, Volumes 551–552. pp. 357-366. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.182>
- Laguna (1989) Tesi di dottorato
- Landis D. A., Wratten S.D., Gurr G.M. (2000) *Habitat management to conserve natural enemies of arthro-pod pests in agriculture*. *Annu Rev Entomol* n. 45. pp. 175–201. PMID:10761575
- Lanini W. T., McGourty G. T., Thrupp L. A., (2011). *Weed management for organic vineyards*. In: McGourty, G. (Ed.), *Organic Wine growing Manual*. University of California, Agriculture and Natural Resources, Richmond, pp.69–82
- Lemessa F.; Wakjira M. (2015) *Cover Crops as a Means of Ecological Weed Management in Agroecosystems*. In *J. Crop Sci. Biotechnol.* pp.133–145

- Lisek J. (2014): *Possibilities and limitations of weed management in fruit crops of the temperate climate zone*. Journal of Plant Protection Research nr. 54: 318–326
- Lodolini E.M. *La pacciamatura è una valida alternativa alla classica gestione del suolo dell'oliveto*. Teatro Naturale, 03/04/2015
- Lodolini E.M. *La pacciamatura è una valida alternativa alla classica gestione del suolo dell'oliveto*, Teatro Naturale: “L’arca olearia”, 03/04/2015
- Lodolini E. M., Neri D., Gangatharan R., Ponzio C. (2013). *Organic olive farming*. African journal of agricultural research n.8. pp. 6426-6434. DOI: 10.5897/AJAR2013.7786
- Loreti F., Pisani P.L. (1986) - *Lavorazioni del terreno negli arboreti*. Rivista di Agronomia nr. 2-3. pp. 134-152
- Masmoudi C., Chiraz & Masmoudi M., Ben Mechlia N. (2011). *Root distribution in young Chétoui olive trees (Olea europaea L.) and agronomic applications*. Advances in Horticultural Science n. 25. pp. 112-122. DOI: 10.13128/ahs-12776.
- Merwin I.W. (2003): *Orchard floor management systems*. In: Ferree D.C., Warrington I.J. (eds), *Apples: botany, production and uses*. CABI publ. Cambridge: 303–318
- Mia M. J., Massetani F., Murri G., Neri D. (2020). *Sustainable alternatives to chemicals for weed control in the orchard – a Review*. Horticultural Science. DOI: 47. 10.17221/29/2019-HORTSCI
- Mia M.J., Furmanczyk E.M., Golian J., Kwiatkowska J., Malusá E., Neri D. (2021) *Living Mulch with Selected Herbs for Soil Management in Organic Apple Orchards*. Horticulturae nr.7 pp.59. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030059>
- Montanaro G., Celano G., Dichio B. and Xiloyannis C. (2010), *Effects of soil-protecting agricultural practices on soil organic carbon and productivity in fruit tree orchards*. Land Degrad. Dev., 21: 132-138. <https://doi.org/10.1002/ldr.917>
- Neilsen G.H., Lowery D.T., Forge T.A., Neilsen D. (2009) *Organic fruit production in British Columbia*. Can.J. PlantSci. nr. 89. pp. 677–692.
- Ozpinar S., Cay A. (2006) *Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semiarid north-western Turkey*. Soil & Tillage Research n. 88. pp. 95-106
- Pacciamature vive per la gestione del sottofila: un caso applicativo”, VVQ nr.7, NOV 2019
- Palese A.M , Ciucci A., Zuardi D., Xiloyannis C., Celano G.. *CONFRONTO TRA DUE SISTEMI DI GESTIONE DEL SUOLO: Con l’inerbimento più disponibilità idrica nell’oliveto in asciutto*. L’Informatore agrario n.25 (2011). pp. 36-41

Pastor M. (1991) *Estudios de diversos métodos de manejo del suelo alternativos al laboreo en el cultivo del olivo*. Instituto de Estudio Giennenses. Diputacion Provincial de Jaén

Pastor M., Castro J., Humanes M.D., Muñoz J. (2000) - *Gestione del suolo nell'olivicultura dell'Andalusia*. L'Informatore Agrario, 3: 83-92

Pisani P., Pisani P. L. (1965) *Effetti dell'inerbimento sulle caratteristiche fisiche del suolo*. Rivista Di Ortoflorofrutticoltura Italiana vol. 49, no. 1. pp. 5–10. *JSTOR*, www.jstor.org/stable/42874464

Polverigiani S., Lodolini E.M., Neri, D. (2012). *Olive root growth observed by field rhizotron*. Acta Hort. N. 949. pp. 271-278
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.949.39>

Polverigiani S., Massetani F., Neri D., Perilli A., Kelderer, M., Rainer A. (2013). *Effect of four different soil management techniques on apple root development*. Acta Horticulturae (1001), 361–367. doi:10.17660/actahortic.2013.1001.42

Polverigiani S., Massetani F., Tarragoni A., Neri D. (2013a): *Apricot root development and morphology as influenced by mulching and multispecies ground cover*. Acta Horticulturae (ISHS)n. 1001. pp. 353–359.

Polverigiani S., Perilli A., Rainer A., Massetani F., Neri D., Kelderer M. (2013b). *Effect of four different soil management techniques on apple root development*. Acta Horticulturae (ISHS) n. 1001. pp. 361–367

Pramanik P., Bandyopadhyay Kk, Bhaduri D., Bhattacharyya R., Aggarwal, P. (2015). *Effect of Mulch on Soil Thermal Regimes - A Review*. International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology. 8. 645-658. 10.5958/2230-732X.2015.00072.8.

Raglione M., Toscano P., Angelini R., Briccoli-Bati C., Spadoni M., De Simone C., Lorenzoni P. (2000) *Olive yield and soil loss in hilly environment of Calabria (Southern Italy). Influence of permanent cover crop and ploughing*. In: Atti VI Int. Meeting on soils with Mediterranean type of climate (IMSMTTC). - Barcellona (Catalonia), Luglio 1999: pp. 1038-1040

Schonbeck M. (2012). *Synthetic Mulching Materials for Weed Management in Organic production*. eOrganic article, Available at <http://www.extension.org/pages/65191>.

Shrestha A., Moretti M., Mourad N. (2012) *Evaluation of thermal implements and organic herbicides for weed control in a non bearing almond (Prunus dulcis) orchard*. Weed Technology n. 25. pp. 110–116

Teasdale J.R., Mohler C.L. (1993) *Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairyvet chandrye*. Agron.J. n.85. pp. 673–680

- Van Huyssteen L., Weber H. W. (1980) *The effect of selected minimum and conventional tillage practices in vineyard cultivation on vine performance*. *South African Journal of Enology and Viticulture* 1.2. pp. 77-83
- Van Huyssteen L., Weber H.W. (1980) *The effect of selected minimum and conventional tillage practices in vineyard cultivation on vine performance*. *S.Afr.J. Enology Vitic.* n.1 pp. 77–83
- Waldemar T., Krzysztof K., Augusty M., Paweł W. (2004) *Response of young apple trees to different orchard floor management systems*. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* vol. 12, pp. 113-123
- Wan NF, Ji XY, Jiang JX, Dan JG (2011) *Effects of ground cover on the niches of main insect pests and their natural enemies in peach orchard*. *Chinese Journal of Ecology* n. 30. pp. 30–39
- Wei D., Liping C., Zhijun M., Guangwei W., Ruirui Z. (2010): *Review of non-chemical weed management for green agriculture*. *International Journal for Agricultural and Biological Engineering* n. 3. pp. 52–60
- Xyloiannis C., Montanaro G., Sofo A., Dichio B. (1998) *Irrigazione sostenibile la buona pratica irrigua*. Progetto Editoriale PANDA Vol. 5. - L' Informatore Agrario. Cap. VII.
- Yao S., Merwin I.A., Bird G.W., Abawi G.S., Thies J.E. (2005) *Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition*. *Plant Soil* nr. 271 pp. 377–389.
- Zadworny M., Eissenstat DM. (2011) *Contrasting the morphology, anatomy and fungal colonization of new pioneer and fibrous roots*. *New Phytol.* n. 190. pp. 213-221. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03598.x
- Zucconi F. (1996) *Declino del suolo e stanchezza del terreno*. Università degli studi di Ancona
- Zucconi F. (2003) *Nuove tecniche per i frutteti. Fisiologia e metodi innovativi nell'allevamento dei fruttiferi*. Edagricole

Ringraziamenti

Con la presente voglio ringraziare i miei genitori, mio padre Fortunato e mia madre Franca Camilla che in questi anni mi hanno supportato materialmente e moralmente incoraggiandomi sempre a fare del mio meglio. Un ringraziamento speciale va ad una persona altrettanto speciale, Chiara la mia fidanzata, che ha condiviso con me alti e bassi di questo percorso durato 7 anni supportandomi soprattutto in questo ultimo anno in cui mi è stata particolarmente vicino. Un ringraziamento ancora alla mia famiglia composta dai miei fratelli Adriano e Virginia, mio zio Giorgio e la nonna Enrichetta. Ringrazio la mia coinquilina Marina.

Un ringraziamento speciale va alla persona del Prof. Neri che mi ha offerto la possibilità di prendere parte a questo progetto di tesi, ed al suo Team, nelle persone di Veronica, Matteo, Monica ed Arash.

Alberto