



<p><b>Dottorato di Ricerca in Scienze delle Produzioni Vegetali e Animali</b> <b>PhD Programme in Plant and Animal Science</b> <b>Codice del Corso di Dottorato/PhD code: DOT1335834</b> <b>Coordinatore/Coordinator: Prof. Roberta BERNINI</b></p>
<p><b>Scheda delle attività svolte/Form activities carried out</b></p>
<p><b>Informazioni generali/General information</b></p>
<p>Ciclo/Cycle: XXXVI</p>
<p>Dottorando/PhD student: Alberto Pacchiarelli</p>
<p>Posizione/Position <input checked="" type="checkbox"/> Con borsa di studio/With scholarship <input type="checkbox"/> Senza borsa di studio/Without scholarship <input type="checkbox"/> Riservata a dipendenti di enti di ricerca/Reserved for research center employees <input type="checkbox"/> Dottorato industriale/Industrial PhD <input type="checkbox"/> Altra tipologia/Other typology</p>
<p>Tutor/Supervisor: Prof. Valerio Cristofori</p>
<p>Affiliazione/Affiliation: Università degli Studi della Tuscia</p>
<p>Co-tutor: Prof. Simone Priori, Dott. Cristian Silvestri</p>
<p>Affiliazione/Affiliation: Università degli Studi della Tuscia</p>
<p><b>Attività di ricerca/Research activity</b></p>
<p>Sede prevalente dell'attività di ricerca/Main place of research: Università degli Studi della Tuscia</p>
<p>Breve descrizione dell'attività di ricerca/Short description of the research activity (Max 5000 caratteri, inclusi gli spazi/Max 5000 characters, included spaces)</p> <p>Le prove sperimentali implementate durante il triennio di dottorato sono state finalizzate alla definizione di modelli di intensificazione sostenibile da applicare al corileto. Le attività di ricerca sono state strutturate in quattro Work Packages (WP) principali, di seguito riportati:</p> <p><b>WP 1. Valutazione agronomica di tre differenti forme di allevamento applicate su piante di nocciolo in fase di produttività crescente.</b> L'attività di ricerca in questione si pone l'obiettivo di valutare il comportamento agronomico e produttivo di piante sottoposte a tre forme di allevamento differenti: il cespuglio simmetrico a quattro branche principali (tesi A); l'alberello monocaule (tesi B); cespuglio policaule tradizionale (tesi C). I rilievi in campo condotti su tutte le piante delle tesi di allevamento a confronto, effettuati a partire da febbraio 2021, hanno riguardato: il peso del legno di potatura, la determinazione della produzione per pianta tramite la raccolta manuale delle nocciole, la stima in campo della vigoria della pianta (TCSA) condotta tramite misurazione della sezione delle pertiche presenti nella ceppaia ad una altezza di 30 cm da terra, espressa in cm<sup>2</sup>. Il calcolo della sommatoria delle sezioni delle pertiche per singola ceppaia, effettuato in prossimità dell'epoca di raccolta delle nocciole, oltre che contribuire alla stima della vigoria ha permesso di determinare l'efficienza produttiva delle piante (YE) espressa come rapporto tra la produzione per pianta e la sommatoria delle sezioni delle pertiche per ceppaia, espressa in kg cm<sup>-2</sup>. Infine, le nocciole raccolte</p>



manualmente sono state sottoposte in laboratorio a caratterizzazione carpologica e valutazione dell'incidenza dei difetti commerciali, analizzando per ogni tesi un campione composto da 50 nocciole per pianta.

## **WP 2. Mappatura del suolo dei nocioleti mediante sensore prossimale ad induzione elettromagnetica (EMI).**

L'attività di ricerca è stata suddivisa in due sub-unità (A e B).

Sub-unità A: L'indagine realizzata mediante sensore ad induzione elettromagnetica ha permesso di sviluppare una mappatura del suolo in funzione dei valori di conducibilità elettrica apparente (ECa). La successiva clusterizzazione della mappa ha permesso di individuare due aree omogenee e di realizzare le mappe di prescrizione finalizzate alla gestione a rateo variabile del corileto. Il nocioleto è stato così suddiviso in due aree principali, Soil 1 e Soil 2. L'indagine è proseguita attraverso l'apertura di due profili nelle due aree di interesse con caratteristiche omogenee, ottenendo una prima chiara indicazione sulle differenti caratteristiche dei suoli in base alla profondità.

In seguito, l'indagine è stata incentrata nella valutazione delle caratteristiche idrologiche del suolo mediante la costruzione, per entrambi i suoli, della curva di ritenzione idrica. Ciò è stato possibile grazie all'impiego di due differenti strumenti:

-Hyprop, il quale permette di ricostruire il primo tratto della curva, registrando le tensioni rilevabili da una condizione di suolo saturo fino alla sua capacità di campo (field capacity), sfruttando il fenomeno di evaporazione;

-WP4C, permette di rilevare quei punti della curva caratterizzati da tensioni elevate, a ridosso del punto di appassimento (permanent wilting point).

Sub-unità B: L'obiettivo di tale attività è quello di testare l'efficacia di un sensore ad induzione elettromagnetica per la valutazione della funzionalità di un impianto di subirrigazione. Lo studio è stato realizzato presso un'azienda corilicola privata, dotata di impianto di subirrigazione realizzato oltre venti anni fa'. Sono state svolte due prove distinte, la prima in condizioni di suolo secco, con l'ultimo evento piovoso risalente ad almeno 15 giorni prima, ed una seconda prova realizzata in seguito ad un intervento irriguo di 5 ore. I dati della conducibilità elettrica apparente (ECa), ottenuti in forma puntuale tramite impiego di sensori ad induzione elettromagnetica, sono stati poi sottoposti ad elaborazione tramite la funzione di Ordinary Kriging del software Qgis, che ha permesso di spazializzare i dati raccolti in pre-irrigazione, in post-irrigazione ed inoltre sviluppare una carta rappresentate le differenze di conducibilità elettrica apparente relative alle due diverse disponibilità idriche del suolo. Inoltre, a seguito dell'indagine sopra descritta, che ha consentito di clusterizzare il suolo in funzione della sua conducibilità elettrica apparente, sono stati scelti quattro punti rappresentativi dei diversi valori di conducibilità elettrica, al fine di accertarne le caratteristiche tessiturali dei suoli. In questi punti selezionati sono stati raccolti i campioni di suolo a tre differenti profondità (0-30, 30-50, 50-70 cm) mediante la trivella, poi analizzati presso il laboratorio dell'Università della Tuscia.

## **WP 3. Determinazione del "carbon stock" in nocioleti di differente età.**

L'obiettivo dello studio è quello di esaminare il trend del carbonio durante le differenti fasi del corileto, dalla realizzazione fino al raggiungimento della fase di senescenza (> 50 anni). La valutazione del sequestro di carbonio è stata effettuata in termini di biomassa vegetale e carbonio organico del suolo, in tre diverse aree della provincia di Viterbo (Caprarola, Nepi, Ronciglione). La biomassa vegetale è stata stimata tramite la riformulazione di equazioni di stima della biomassa in ambiente forestale, disponibili in letteratura, sviluppata dopo aver misurato in campo 282 branche da piante allevate a cespuglio policaule di differente età. Dal peso secco delle branche è stato determinato il quantitativo di carbonio nella biomassa. Il carbonio organico del suolo è stato invece determinato tramite applicazione di due metodologie analitiche di laboratorio: 1) impiego di analizzatore elementare CHN (Thermo-Finnigan Flash); 2) misurazione della densità apparente (bulk density) tramite il "core method".

Per la validazione del modello, durante il terzo anno di dottorato, sono stati selezionati due differenti nocioleti (di età compresa tra 20 e 25 anni) presenti nella provincia di Viterbo (Vico Matrino e Nepi),



rappresentativi di una fascia di età del corileto opportunamente lasciata fuori nella fase di calibrazione del modello stesso. Per la stima della biomassa vegetale, sono state campionate 138 differenti branche, provenienti dai due corileti sottoposti ad investigazione, sulle quali il parametro morfometrico del diametro ad un'altezza di 60 cm da terra è stato misurato.

Per la determinazione del carbonio organico presente nei primi 30 cm di suolo sono stati prelevati in entrambi i nocioleti 9 campioni di suolo, successivamente processati tramite le metodologie già descritte durante la fase di calibrazione dello studio.

#### WP 4. Effetti del portinnesto non pollonifero 'Dundee' sulla cultivar Tonda di Giffoni.

L'attività di ricerca è stata suddivisa in due sub-unità (A e B).

Sub-unità A. L'attività relativa alla valutazione degli effetti del portinnesto, avviata nel marzo 2021 ha previsto la comparazione dei parametri morfologici, fenologici e riproduttivi di piante della cv Tonda di Giffoni innestate su portinnesto non pollonifero "Dundee" (*C. colurna* x *C. avellana*), a confronto con piante autoradicate della stessa cultivar e piante autoradicate del portinnesto. I rilievi condotti sono stati eseguiti su piante in vaso (20 piante per tesi). I rilievi condotti hanno previsto la valutazione dei seguenti parametri:

- fenologici, con valutazioni settimanali tramite l'ausilio di una scala BBCH adattata per il nocciolo, avviati in corrispondenza della rottura delle gemme e ultimati alla caduta delle foglie;
- morfologici, attraverso il rilievo di misurazioni periodiche durante la stagione di crescita a carico della sezione del tronco a 20 cm dal suolo, e dell'altezza delle piante;
- riproduttivi, tramite osservazioni settimanali durante l'intero periodo di fioritura, con conteggio del numero di fiori maschili e femminili presenti sul materiale vegetale oggetto di studio.

Sub-unità B. Attività condotta rispettivamente il 29 giugno e 5 luglio 2022, è stata incentrata sulla valutazione degli effetti dello stress idrico indotto su piante selezionate di Tonda di Giffoni, Dundee e Tonda di Giffoni/Dundee innestata (in vaso, due anni di età), tramite l'analisi dei parametri eco-fisiologici determinati tramite impiego di strumentazione di campo per rilievi non distruttivi a carico delle foglie. Per ogni tipologia di materiale vegetale sono state selezionate 6 piante, 3 irrigate con la funzione di controllo e 3 sottoposte a stress idrico, per una durata di 48 ore. I parametri eco-fisiologici analizzati sono stati: contenuto di clorofilla, antociani, flavonoli e indice di bilancio azotato tramite impiego di "leaf-clip sensor - DUALEX", conduttanza stomatica tramite impiego di "porometro", contenuto idrico relativo delle foglie (RWC) e parametri della fluorescenza della clorofilla tramite impiego di "PAR-Fluorpen".

Publicazioni scientifiche/Scientific publications  
(Indicare tutte le informazioni bibliografiche dei lavori pubblicati e sottomessi/Indicate all references of published and submitted papers)

**Pacchiarelli A.**, Priori S., Chiti T., Silvestri C., Cristofori V. (2022). Carbon sequestration of hazelnut orchards in central Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 333, 107955.

**Pacchiarelli A.**, Silvestri C., Cristofori V. Advances in Sucker Control for Sustainable European Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivation. *Plants* 2022, 11, 3416.

Cristofori V., Silvestri C., **Pacchiarelli A.**, Santilli M., Carpio R.F., Gasparri A. 2022. Pruning practices in European hazelnut: from plant shape and planting layout to the mechanical pruning and Precision Agriculture. *Acta Horticulturae* (In Press).



	<p><b>Pacchiarelli A.</b>, Silvestri C., Brunori E., Cristofori V., 2022. Influence of 'Dundee' rootstock on growth, morphology and nutrient uptake in 'Tonda di Giffoni' hazelnut. Acta Horticulturae (In Press).</p>
Comunicazioni a congressi/Conferences communications (Specificare se comunicazioni poster o comunicazioni orali/Specify if poster or oral communications)	<p>Second Joint Meeting on Soil and Plant System Sciences (SPSS2021). Torino, 20-23 settembre 2021. Comunicazione Poster. Titolo: "Carbon sequestration in differently aged hazelnut".</p> <p>X° International Congress on Hazelnut. Corvallis (Oregon, USA), 5-9 settembre 2022. Comunicazione Poster. Titolo: "Influence of Dundee rootstock on growth, morphology, and nutrients uptake on cv Tonda di Giffoni".</p>
Brevetti/Patents (Specificare/Specify)	
<b>Partecipazione a progetti di ricerca/Participation in research project</b> (Indicare il titolo e la tipologia/Indicate the title and type)	<p>"Precision farming on Hazelnut Orchards (PANTHEON)" - Call:H2020-SFS-2017-1; Funding scheme: RIA; Grant Agreement number: 754571; Durata: 48 mesi, dal 19-06-2017</p>
Altre tipologie di pubblicazioni/Other publications (Specificare/Specify)	<p><b>Pacchiarelli A.</b>, Priori S., Chiti T., Silvestri C., Cristofori V. 2021. Carbon sequestration in differently aged hazelnut. Second Joint Meeting on Soil and Plant System Science (SPSS2021). Torino, 20-23 settembre 2021. Book of abstracts, pag. 84.</p> <p>Cristofori V., Silvestri C., <b>Pacchiarelli A.</b>, Santilli M., Carpio R.F., Gasparri A., 2022. Pruning practices in European hazelnut: from plant shape and planting layout to the mechanical pruning and Precision Agriculture. X° International Congress on Hazelnut. Corvallis (Oregon, USA), 5-9 settembre 2022. Book of abstracts, pag. 33.</p> <p><b>Pacchiarelli A.</b>, Silvestri C., Brunori E., Cristofori V., 2022. Influence of 'Dundee' rootstock on growth, morphology and nutrient uptake in 'Tonda di Giffoni' hazelnut. X° International Congress on Hazelnut. Corvallis (Oregon, USA), 5-9 settembre 2022. Book of abstracts, pag. 108.</p>



**Pacchiarelli A.**, Bevilacqua F., Donnini F., Cristofori R., Silvestri C., Cristofori V., 2022. La sostenibilità del corileto intensivo passa dall'innovazione. L'informatore agrario, N. 1/2022. p. 49-52. ISSN: 0020-0689.

Priori S., **Pacchiarelli A.**, Chiti T., Silvestri C., Cristofori V., 2022. Soil carbon sequestration of sustainable managed hazelnut orchards in central Italy. Book of Abstracts (digital), 22<sup>nd</sup> World Congress of Soil Science, Glasgow, Scozia, 31 Luglio - 5 Agosto 2022, P-328.

**Pacchiarelli A.**, Silvestri C., Brunori E., Cristofori V. 2023. Influenza del portinnesto di nocciolo sui tratti fenologici, ecofisiologici e agronomici della cultivar Tonda di Giffoni. XIV GIORNATE SCIENTIFICHE SOI, L'ortoflorofruitticoltura per la transizione ecologica (Torino, Italy), 21-23 giugno 2023. Book of abstract, pag. 36.

Lupo M., **Pacchiarelli A.**, Brunori E., Alfieri G., Cristofori V., Silvestri C. 2023. Il nocciolo a foglia rossa: identificazione della componente antocianica come possibile fonte di molecole bioattive. XIV GIORNATE SCIENTIFICHE SOI. L'ortoflorofruitticoltura per la transizione ecologica (Torino, Italy), 21-23 giugno 2023. Book of abstract, pag. 95.

Cristofori V., **Pacchiarelli A.**, Silvestri C., Priori S. 2023. The role of the hazelnut Agro-Ecosystem in the carbon sink. 65<sup>th</sup> Regenerative Agriculture and Growers' Short Course (Canada), 26-28 gennaio 2023. Proceedings, pag. 61-65.

**Pacchiarelli A.**, Silvestri C., Cristofori V. 2023. Una rassegna sulla spollonatura del nocciolo: a che punto siamo? Nocciolare, <https://nocciolare.it/tecniche-colturali/una-rassegna-sulla-spollonatura-del-nocciolo-a-che-punto-siamo>.

**Attività formative/Training activities**

(Elencare tutte le principali attività svolte e, per ciascuna di esse, indicare i dati richiesti/List the main activities and for each specify of them the data)



Frequenza di corsi/Partecipation in courses	Titolo/Title	Località/Location	Data/Date
Corso	Teoria e pratica della comunicazione della ricerca scientifica	Viterbo	5-7 luglio 2021
Corso	Meccanismi di difesa delle piante	Viterbo	22-25 giugno 2021
Corso	Disegni sperimentali	Viterbo	14-16 giugno 2021
Corso	Genetica e fisiologia della produzione di rilevanti specie vegetali e cambiamenti climatici	Viterbo	16-18 giugno 2021
Corso	Metodologie avanzate applicate ai processi di trasformazione alimentare	Viterbo	14-18 giugno 2021
Corso	Statistica di base con R	Viterbo	24-27 maggio 2021
Corso	Statistica avanzata con R	Viterbo	20-27 giugno 2022
Corso	Tecniche di ingegneria genetica e proteica abbinate alle produzioni animali e vegetali	Viterbo	23-30 maggio 2022
Corso	Caratterizzazione della sequenza amminoacidica con tecnica di spettrometria di massa	Viterbo	21-29 giugno 2022
Corso	Approccio metabolomico per la caratterizzazione e la valorizzazione dei prodotti agroalimentari	Viterbo	23-30 maggio 2022
Corso	Tecniche molecolari innovative per lo studio del microbioma del latte e del formaggio	Viterbo	20-29 giugno 2022
Webinar	Filiera mandorlicola in Italia, stato attuale e	Viterbo	26 marzo 2021



	prospettive di valorizzazione		
Webinar	Giornate tecniche del nocciolo – Attuali linee di sviluppo (Working Group “Frutta secca” – Società Ortofrutticola Italiana)	Perugia	8 luglio 2021
Webinar	Il nocciolo – qualità e sostenibilità nella produzione (Confagricoltura Cuneo)	Cuneo	27 maggio 2021
Webinar	Introduzione alla coltivazione del nocciolo, fisiologia, ecologia, principali cultivar, impostazione e preparazione dell’impianto.	ERSAF Lombardia	18 novembre 2021
Webinar	Tecnica di coltivazione, potatura, gestione delle erbe infestanti e dei parassiti.	ERSAF Lombardia	16 dicembre 2021
Webinar	Tecnica di coltivazione, irrigazione e fertilizzazione.	ERSAF Lombardia	10 febbraio 2022
Webinar	Raccolta e post raccolta: gestione del cantiere di raccolta, essiccazione e pulitura.	ERSAF Lombardia	16 marzo 2021
Webinar	La nocciola, tra sostenibilità e territorio.	Viterbo	14 marzo 2022
Corso	Corso di Formazione per Lavoratori, Rischio Alto	Viterbo	23 febbraio 2023 - 3 marzo 2023
Webinar	Experiencias de cultivo, costes y mecanizacion del avellano en Chile	Piattaforma telematica	17 novembre 2022
Webinar	Irrigazione smart in campo e in serra	Piattaforma telematica	17 gennaio 2023



Webinar	Fertirrigazione di precisione	Piattaforma telematica	23 marzo 2023
Partecipazione a seminari/Participation in seminars	Tornata nel Lazio, Accademia Nazionale dell'olio e dell'olivo	Farnese (VT)	24 giugno 2022
Partecipazione a convegni, workshop, scuole/Participation in workshop, schools	X° International Congress on Hazelnut	Corvallis (Oregon, USA)	5-9 settembre 2022
	Fieragricola TECH 4.0	Verona	1-2 febbraio 2023
Stage in Italia e/o all'estero/Internship in Italy and/or abroad (Indicare la località e descrivere brevemente il tipo di attività svolta/Indicate the location and describe briefly the activity carried out)	Periodo di soggiorno all'estero per dottorandi (Partecipazione al programma di miglioramento genetico sul nocciolo condotto dal Prof. Shawn Mehlenbacher, presso la Oregon State University, College of Agricultural Sciences, Department of Horticulture)	Corvallis (Oregon, USA)	01 aprile 2023 - 30 settembre 2023
Altre attività formative/Further educational activities (Indicare la località e descrivere brevemente il tipo di attività svolta/Indicate the location and describe briefly the activity carried out)	Visita presso "Institute of Agrifood Research and Technology (IRTA).	Tarragona (Spagna)	14-21 marzo 2023
<b>Attività di didattica integrativa/Teaching activity</b> (Elencare tutte le attività svolte e, per ognuna, indicare i dati richiesti/List all activities and specify for each of them the data)			
Attività di tutoraggio e didattico-integrative/Tutorship activities	Titolo/Title	Località/Location	Data/Date
Seminari in corsi di laurea/Seminars in master degrees (Indicare il titolo, la località, la data/Specify the title, the location and the date)			





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DELLA  
TUSCIA

DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE AGRARIE  
E FORESTALI

Data/Date 25/10/2023

Firma Dottorando/Signature PhD student

*Pacchelli* *Alb*

Firma Tutor/Signature Supervisor

*Valerio Cristofari*