

AdP MAB Alpi Ledrensi e Giudicaria 2016/2025 - Programma Finanziario 2023/2025 (ultimo triennio) –

Azione C.2 PROGETTI CONDIVISI

Progetto CANOSSA Noce e Castagno 2024/2025

Rendicontazione finale di progetto al 31.10.25 in conformità all'Allegato B
Piano Finanziario del Progetto

- RELAZIONE TECNICA - FEM



Nelle pagine qui di seguito si descrivono in sintesi le attività svolte dal personale FEM a favore del progetto, al fine di condividere queste informazioni con il partner MAB, così come previsto per la rendicontazione finale dall'Allegato B Piano Finanziario del Progetto

INTERVENTO 1: Maturazione Noce

Obiettivo dell'intervento: valutazione del processo di maturazione e dei tempi ottimali di raccolta del noce (*Juglans regia*), per almeno una varietà di interesse tra quelle coltivate nell'area del Bleggio.

Attività svolte da FEM

FASE 1: Definizione disegno sperimentale

In questa fase sono stati eseguiti sopralluoghi e confronto con i produttori locali nell'area del Bleggio superiore per rilievi e valutazioni dei campi di noci produttivi (piante adulte) per le varietà Lara, Bleggiana e Blegette. Questo ha portato all'identificazione dell'area di studio (Fig.1) nel campo sotto il cimitero di Cavarasto (TN), dove sono presenti piante adulte e produttive di entrambe le varietà che si è scelto di includere nello studio: Bleggiana (varietà autoctona) e Lara (varietà francese più produttiva). Le piante presenti nell'area di studio sono state validate geneticamente (analisi molecolare con marcatori SSR) prima di procedere alle fasi successive dell'intervento. Il disegno sperimentale per il campionamento è stato definito come segue:

- 1 stagione di campionamento (come previsto da durata del progetto)
- Indagine condotta su 2 varietà (ca. 10 piante per varietà)
- 30 noci per varietà per tempo di raccolta:
 - campionamento di ca. 5 noci per pianta
 - campionamenti nella fascia centrale della chioma
 - selezione delle 3 più omogenee

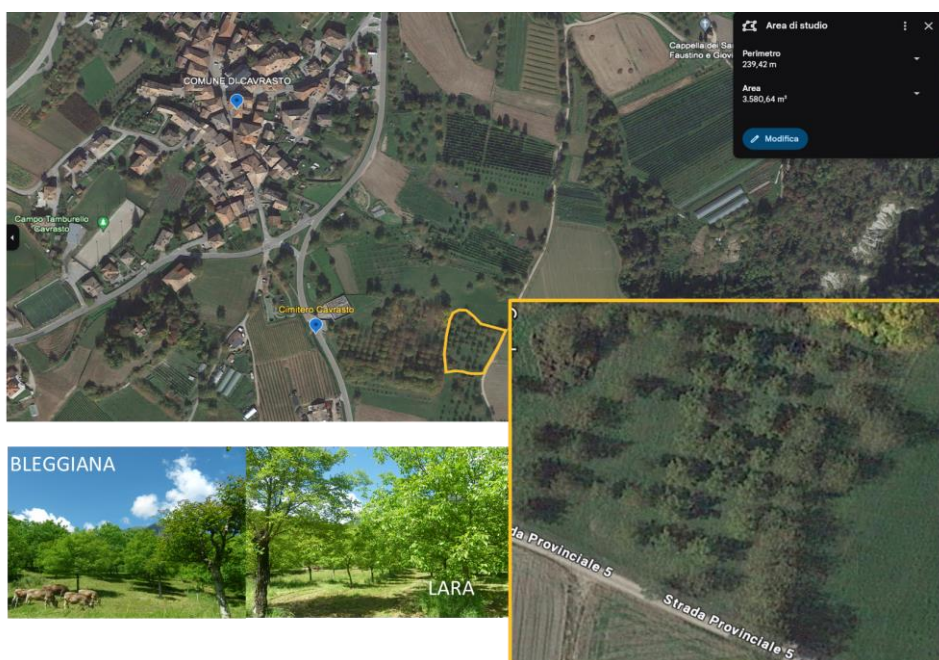


Fig.1: Area di studio (delimitata da contorno giallo) identificata per lo svolgimento dell'attività prevista nell'intervento 1 e relativo ingrandimento (a destra). A sinistra un'immagine delle piante della varietà selezionate e presenti nel campo.

Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Rolando Del Fabbro, Michela Troggio

FASE 2: Rilievi e monitoraggio in campo

In questa fase sono stati eseguiti sopralluoghi periodici al campo sperimentale per monitorare l'avanzamento degli stadi fenologici delle piante oggetto dello studio e lo sviluppo/crescita dei frutti (Tab.1). Questo ha permesso di definire i tempi in cui eseguire i campionamenti ed analizzare i campioni sulla base del numero di giorni dall'inizio della fioritura femminile (DAF). Nel secondo anno, i sopralluoghi sono stati condotti con regolarità, concentrandosi sempre sul rilevamento degli stadi fenologici e sull'identificazione dell'inizio della fioritura (Tab.1). Le osservazioni hanno offerto un confronto utile con la stagione precedente, evidenziando un lieve anticipo della fase vegetativa nel 2025 rispetto al 2024. Questo ha consentito di valutare l'andamento stagionale, stimare i tempi di sviluppo e maturazione del frutto e ipotizzare una finestra ottimale per la raccolta nel 2025, anche in riferimento ai risultati emersi nel primo anno di indagine.

Tab. 1. Date di rilevamento dei principali stadi fenologici per le varietà Bleggiana e Lara nelle stagioni 2024 e 2025. I dati consentono il confronto tra annate e varietà, evidenziando eventuali anticipi o ritardi nello sviluppo fenologico.

Varietà	Anno	Mani giunte (BBCH 11)	Fioritura Maschile (BBCH 61)	Fioritura Femminile (BBCH 610)	Ricettività Fiore Femminile (BBCH 630)	Allegagione (BBCH 690)
Bleggiana	2024	15/04	28/04	05/05	09/05	30/05
	2025	18/04	26/04	02/05	06/05	26/05
Lara	2024	30/04	30/04	12/05	15/05	05/06
	2025	30/04	28/04	09/05	13/05	02/06

Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Rolando Del Fabbro, Michela Troggio

FASE 3: Messa a punto degli strumenti

Durante questa fase sono state eseguite delle prove per la messa a punto degli strumenti da utilizzare e definiti i protocolli da applicare per le misurazioni ed analisi dei campioni. Nello specifico sono stati testati i seguenti strumenti e metodiche di analisi:

- DA-meter® (TR, Forlì, Italy): strumento non distruttivo basato sulla spettroscopia nel visibile e nell'infrarosso vicino, (VIS/NIR) che consente una misurazione indiretta del contenuto di clorofilla nel mallo.
- TA-XTplus (StableMicroSystem, Godalming, UK): strumento per la definizione del profilo di *texture* del mallo, che si ottiene attraverso un test di penetrazione in due punti del tessuto da analizzare.
- IRIS (Alpha MOS, France): occhio elettronico per determinare modificazioni del frutto intero e del seme (a frutto aperto) mediante l'ottenimento di immagini che permettono di rilevare il dato colorimetrico.
- Quantificazione del contenuto di clorofilla nel mallo mediante tecnica di spettroscopia di assorbimento (spettroscopia UV-visibile), utilizzando uno spettrofotometro.

Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Silvia Lorenzi, Nicola Busatto

FASE 4: Campionamento

Il campionamento delle noci ha avuto inizio la prima settimana di agosto 2024 ed è terminato la prima settimana di ottobre 2024. L'attività è stata condotta secondo il disegno sperimentale come da FASE 1, e i tempi definiti in base alle osservazioni condotte in FASE 2, per un totale di 12 giornate di campionamento

Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Silvia Lorenzi, Rolando Del Fabbro

FASE 5: Parametri del frutto e stadio di maturazione (PTB)

Per ciascun tempo di campionamento della FASE 4 sono state eseguite le seguenti misurazioni sui frutti interi raccolti (Fig.3):

- Misurazione del calibro, mediante calibro digitale
- Misurazione dell'indice di differenza di assorbanza della clorofilla (I_{DA}) mediante DA-meter®. Il valore di I_{DA} è stimato essere proporzionale al quantitativo di clorofilla presente nel frutto ed è stato pertanto misurato in due punti della superficie del mallo per ogni noce campionata, per stimare l'andamento del contenuto di clorofilla nel mallo durante il processo di maturazione.



Fig.3: Sintesi delle metodiche di analisi utilizzate per lo studio del processo di maturazione del noce mediante un approccio multidisciplinare.

- Misura della struttura/consistenza (*texture*) del mallo mediante *texture analyzer* TA-XTplus, che esegue un test di penetrazione in due punti del mallo di ogni singola noce campionata. Il profilo di *texture* caratteristico di ciascuna noce è rappresentato da una curva descritta da tre principali variabili (Fig.4): Forza (N), Deformazione (mm) e Gradiente (pendenza della curva del profilo e proxy dell'elasticità del tessuto analizzato).

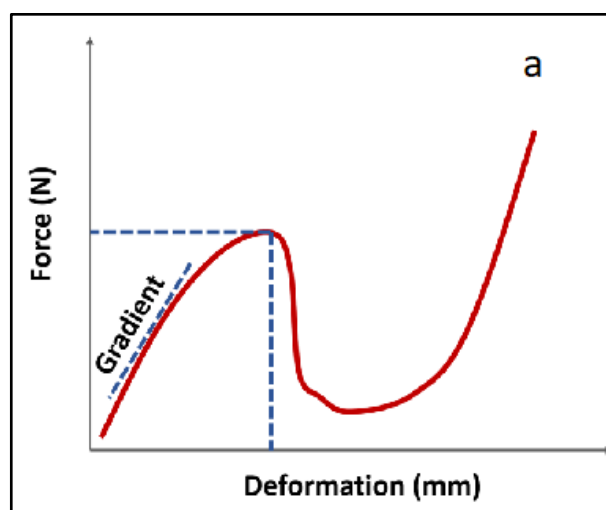


Fig.4: Curva che descrive il profilo di *texture* del mallo di noce e che si ottiene dalla misurazione di tre principali variabili: Forza (N), Deformazione (mm) e Gradiente

Successivamente i frutti interi sono stati privati del mallo e aperti per definire lo stadio di maturazione del seme sulla base del parametro internazionale di *Packing Tissue Browning* (PTB). In particolare, in base al livello di colorazione del tessuto e dei setti all'interno del guscio, sono stati identificati 4 stadi di PTB secondo lo schema seguente:

- St 0 = tessuto pieno, compatto e bianco (Fig.5a)
- St 1 = tessuto spugnoso con colorazione chiara/rosata (Fig.5b)
- St 2 = tessuto spugnoso con colorazione marrone chiaro (Fig.5c)
- St 3 = tessuto secco che ha assunto in modo omogeneo una colorazione marrone scuro (Fig.5d)



Fig. 5: Classificazione del livello di maturazione del seme in accordo agli stadi di *Packing Tissue Browning* (PTB): St0 (a), St1 (b), St2 (c) e seme maturo a St3 (d).

Eventuali difetti del gheriglio sono stati annotati per un'osservazione della qualità. Il mallo di ciascuna noce è stato conservato a -80°C per successiva misurazione quantitativa della clorofilla. Anche i campioni del gheriglio sono stati conservati a -80°C .

Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Silvia Lorenzi, Nicola Busatto, Matteo Komjanc

FASE 6: Quantificazione delle clorofille

I campioni di mallo raccolti a ciascun stadio di campionamento sono stati macinati singolarmente mediante l'utilizzo di azoto liquido, al fine di garantire il mantenimento del campione a basse temperature durante la macinazione. L'omogeneizzazione è stata effettuata mediante Mixer Mill MM400 (Retsch GmbH, Haan, Germany). La polvere così ottenuta è stata successivamente sottoposta ad analisi per la quantificazione dei pigmenti. I pigmenti fotosintetici presenti nelle piante superiori sono la clorofilla, di tipo a e b, e i carotenoidi, che includono caroteni e xantofille. La loro natura idrofobica rende necessario utilizzare un solvente apolare per estrarle dalle membrane e tenerle in soluzione, pertanto, per l'estrazione

delle clorofille dal mallo di noce è stato utilizzato come solvente di estrazione acetone 80% a freddo.

Le clorofille assorbono nel blu (430-480 nm) e nel rosso (650-680 nm), mentre i carotenoidi assorbono nel blu (400-500 nm) dove le clorofille assorbono poco. Per quantificare una miscela di pigmenti, si utilizza una tecnica di spettroscopia di assorbimento, chiamata spettroscopia UV-visibile, utilizzando uno spettrofotometro. Il campione, inserito in una cuvetta "trasparente", viene colpito da fotoni a diverse lunghezze d'onda entro un intervallo (350-750 nm nel nostro caso). Quelli in grado di eccitare le molecole di clorofilla e carotenoidi vengono "assorbiti" dal campione, dando luogo a un picco di assorbimento. Questo picco, entro certi intervalli, è proporzionale alla concentrazione dei pigmenti, come descrive la legge di Lambert-Beer:

$$A (\text{Assorbanza}) = \epsilon \lambda \times C \times l$$

dove $\epsilon \lambda$ rappresenta il coefficiente di assorbimento (o estinzione) molare, C è la concentrazione molare della soluzione e l è il cammino ottico costituito dallo spessore di campione attraversato dal raggio luminoso. Studi precedenti hanno analizzato gli spettri caratteristici di ogni pigmento, determinando il picco di assorbimento e calcolando il valore di $\epsilon \lambda$ ad esso associato. È quindi possibile risolvere spettri complessi derivanti da miscele di pigmenti attraverso un sistema di equazioni, dove l'assorbanza è espressa secondo la legge di Lambert-Beer a un numero di lunghezze d'onda diverse, pari al numero dei componenti la miscela, quantificando da un unico spettro i principali pigmenti presenti nella miscela.

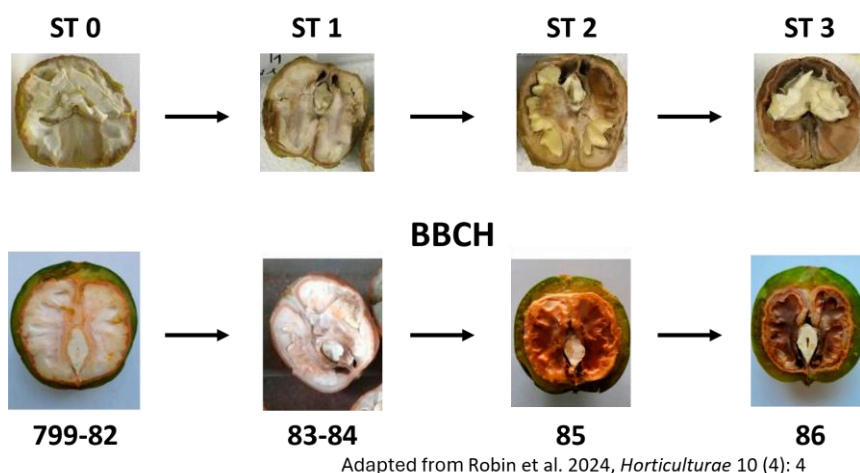
Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Silvia Lorenzi

FASE 7: Elaborazione, analisi dati e discussione

Le misurazioni strumentali, eseguite su ciascuna noce per ogni tempo di campionamento, e l'elaborazione dei dati prodotti hanno fornito informazioni utili sulla modificazione del frutto e del mallo durante il processo di maturazione. Qui di seguito riportiamo i risultati ottenuti dall'analisi dei dati prodotti durante l'anno di indagine.

Livello di maturazione e qualità osservata del gheriglio

Per definire in maniera accurata e standardizzata lo stadio di maturazione del seme, i quattro stadi di *Packing Tissue Browning* (PTB) identificati in base allo schema descritto in FASE 5, sono stati allineati alle fasi fenologiche di sviluppo e maturazione del frutto descritte dalla scala BBCH pubblicata da Robin et al. (2024), come illustrato in Figura 6.



Adapted from Robin et al. 2024, *Horticulturae* 10 (4): 4

Fig.6: Allineamento degli stadi *Packing Tissue Browning* PTB (St0–St3) con la scala BBCH (799–86) adattata da Robin et al. (2024) per la classificazione standardizzata della maturazione del seme.

Per ciascun tempo di campionamento è stata calcolata la percentuale di campioni corrispondente a ciascuno stadio di PTB e di campioni pronti a smallare (Tab.2, Fig.7). I dati raccolti nel 2024 indicano che la varietà Bleggiana ha raggiunto una smallatura spontanea superiore al 90% (parametro di riferimento usato per determinare il momento di raccolta, anche mediante scuotitura meccanica) a 151 giorni dopo la fioritura (DAF), mentre la varietà Lara ha raggiunto lo stesso livello a 145 DAF. È interessante osservare che, pur corrispondendo a DAF differenti, il raggiungimento del 100% di smallabilità nei campioni di entrambe le varietà si è verificato in un intervallo temporale pressoché coincidente: il 3 ottobre per Bleggiana e il 4 ottobre per Lara, ovvero nella prima settimana di ottobre. Questo suggerisce che la modificazione del tessuto del mallo, e quindi la predisposizione alla smallatura, possa essere più fortemente influenzata dalla stagionalità e dalle condizioni ambientali dell'annata, piuttosto che dal numero assoluto di giorni trascorsi dalla fioritura. In entrambe le varietà, la completa smallabilità coincide con il completamento del processo di PTB, osservato nel 100% dei campioni per Bleggiana e nel 96% per Lara, a conferma della maturazione fisiologica del gheriglio.

Tab. 2. Progressione dei parametri di maturazione per le varietà Bleggiana e Lara durante la stagione 2024. Per ciascun tempo di campionamento sono riportati: la data, i giorni dall'inizio fioritura femminile (DAF), la percentuale di campioni in ciascuno stadio di progressione di *Packing Tissue Browning* (PTB), la smallatura spontanea e l'incidenza di difetti del gheriglio. I dati suggeriscono una finestra ottimale di raccolta e consentono di valutare l'evoluzione qualitativa del frutto in funzione dello stadio di raccolta.

Varietà	tempo	data	DAF	PTB				smallabilità	difetti gheriglio
				St0	St1	St2	St3		
Bleggiana	t0	2-Aug	89	100%					
	t1	28-Aug	115	97%	3%				
	t2	11-Sep	129	36%	49%	15%		3%	
	t3	23-Sep	141			58%	42%	67%	6%
	t4	27-Sep	145			18%	82%	85%	15%
	t5r	3-Oct	151				100%	100%	31%
Lara	t0	31-Aug	93	100%					
	t1	4-Sep	116	93%	7%				7%
	t2	19-Sep	130		45%	52%	3%	3%	10%
	t3	30-Sep	141			57%	43%	47%	27%
	t4	4-Oct	145			7%	93%	100%	21%
	t5r	7-Oct	148			7%	96%	100%	39%

Durante la fase di apertura delle noci per il prelievo di mallo e gheriglio è stata inoltre annotata l'eventuale presenza di difetti del gheriglio, quali raggrinzimento, alterazioni cromatiche della cuticola (scurimento, tonalità ambrata o nera) e presenza di muffe. L'incidenza di tali difetti risulta aumentata in corrispondenza del tempo di raccolta finale (t5r), con valori pari al 31% per Bleggiana e al 39% per Lara (Tab.2). Questo dato suggerisce che un anticipo di circa una settimana nella raccolta avrebbe potuto contribuire a preservare una maggiore qualità del prodotto, in particolare per la varietà Lara, che mostrava già una smallatura spontanea del 100% a 145 DAF (Tab.2, Fig.6).

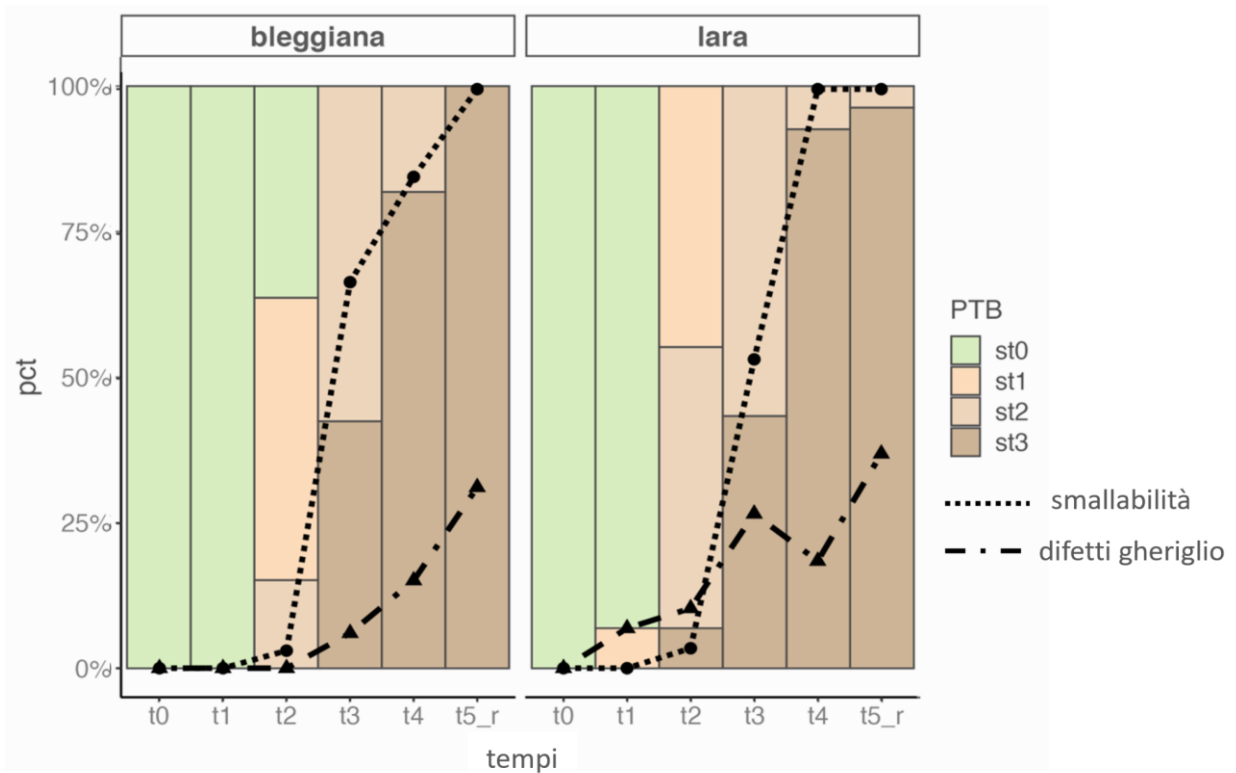


Fig. 7: Visualizzazione della progressione del *Packing Tissue Browning* (PTB) nelle varietà Bleggiana e Lara (stagione 2024), espressa come percentuale di campioni per stadio (St0–St3) nei diversi tempi di campionamento (t0–t5r). Le barre mostrano la distribuzione degli stadi di PTB, mentre le linee sovrapposte riportano smallabilità spontanea e difetti del gheriglio, evidenziando la dinamica di maturazione e la qualità del seme ai fini della raccolta.

Texture del mallo

Per valutare e quantificare la variazione della struttura del mallo nel corso del processo di maturazione (Fig.8), è stato delineato il profilo della *texture* delle noci campionate a partire da t0, caratterizzato dalla presenza di campioni esclusivamente con mallo verde, integro e ben adeso al guscio, fino alla comparsa delle prime fessurazioni in t4, escludendo i frutti con ampie crepe nel mallo o con mallo aperto, poiché non idonei ad una misurazione standard e affidabile.



Fig. 8: Sequenza rappresentativa delle fasi di deiscenza del mallo in noce, dall'integrità del frutto fino alla completa apertura e separazione dal guscio. Le immagini illustrano la progressiva comparsa e l'ampliamento delle fessurazioni, che culminano nella piena esposizione del guscio, evidenziando le tappe morfologiche del processo di smallatura.

I dati ottenuti dalle misurazioni sono stati rielaborati e presentati in Figura 9 come profili medi della texture della varietà Bleggiana e Lara nei cinque tempi di campionamento.

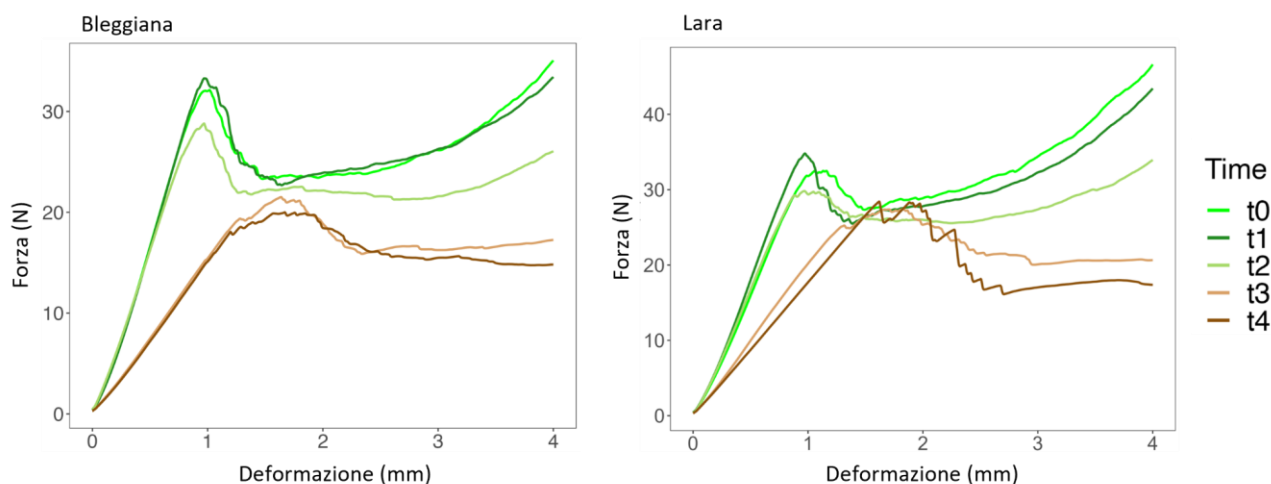


Fig.9: Profili medi della texture del mallo (analisi TA-XTplus) per le varietà Bleggiana (sinistra) e Lara (destra) in cinque tempi di campionamento (t0–t4). Le curve riportano la forza necessaria a penetrare il mallo in funzione della deformazione, evidenziando un progressivo ammorbidimento del tessuto con l'avanzare della maturazione e una netta modifica del tessuto del mallo tra i primi tre stadi e i due successivi.

Ciascuna curva descrive la forza necessaria a penetrare il mallo in funzione della sua capacità di deformazione; la pendenza della curva, indicata come gradiente (Fig.4), fornisce un'informazione sull'elasticità del tessuto del mallo. A partire da t3 (141 DAF) risulta evidente, in entrambe le varietà, una marcata riduzione della forza necessaria a rompere il mallo accompagnata da un incremento della sua elasticità. Questa fase segna un punto di svolta nel processo di maturazione, in quanto riflette un'importante modifica strutturale del tessuto del mallo e suggerisce l'avvio del processo di smallatura.

Questi profili meccanici consentono di quantificare in modo oggettivo le modificazioni della consistenza del mallo e rappresentano un utile supporto per la valutazione della maturità di raccolta e per la definizione di strategie di gestione post-raccolta.

Pigmenti del mallo e dimensioni del frutto

L'andamento medio del contenuto di clorofilla nel mallo, dell'indice ΔA misurato con DA-meter® e della dimensione del frutto è stato calcolato per ciascun tempo di campionamento e analizzato sia in funzione degli stadi di PTB, sia dei tempi di campionamento (Fig.10). Per entrambe le varietà si osserva una progressiva diminuzione del contenuto di clorofilla e dell'indice ΔA con l'avanzare della maturazione. Per la varietà Bleggiana, tuttavia, si evidenzia

un picco inatteso del contenuto di clorofilla al tempo di campionamento t2, corrispondente ai campioni classificati nello stadio PTB st1. Tale andamento non è di immediata interpretazione e potrebbe riflettere un bias nella quantificazione delle clorofille al tempo t2 o precedenti, oppure una reale condizione fisiologica dei campioni in PTB st1. Si tratta di un aspetto che merita ulteriori approfondimenti, ma che non altera l'interpretazione complessiva dei risultati, in quanto sia il contenuto di clorofilla sia l'indice ΔA del DA-meter mostrano un andamento costante e coerente di progressiva diminuzione con l'avanzare della maturazione.

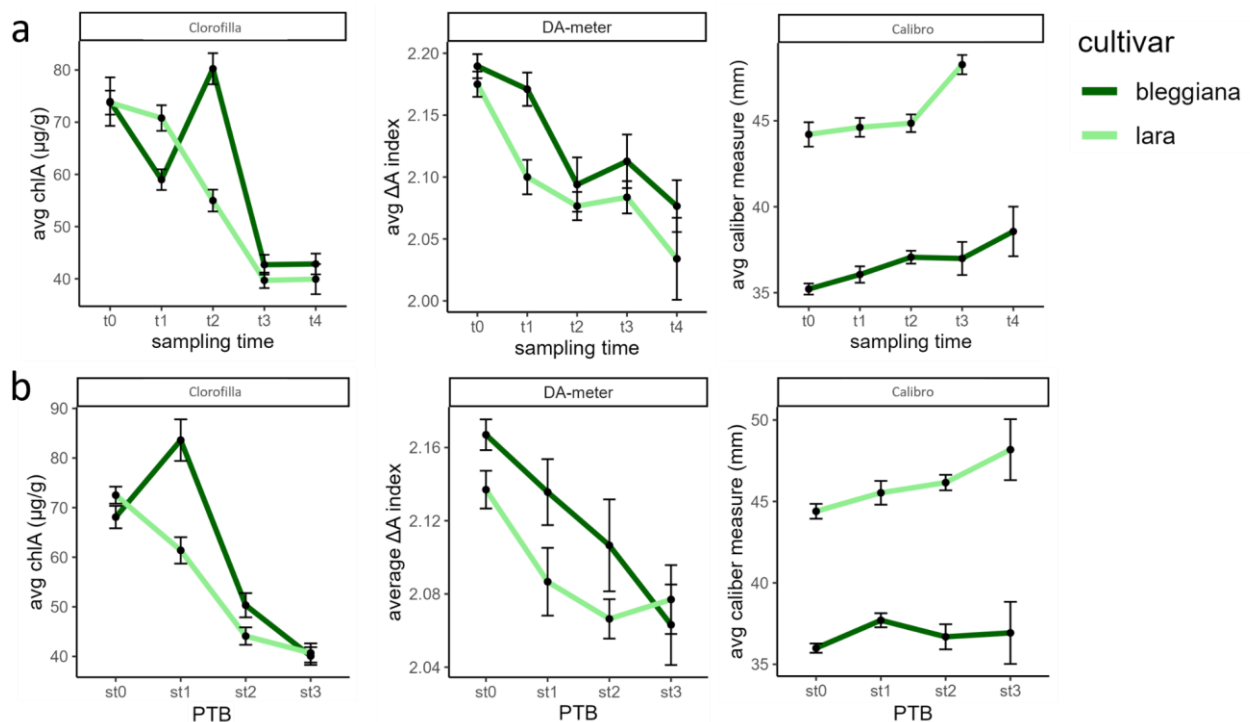


Fig. 10: Andamento medio del contenuto di clorofilla, dell'indice ΔA (DA-meter®) e della dimensione del frutto per le varietà Bleggiana e Lara, in funzione (a) dei tempi di campionamento e (b) degli stadi di *Packing Tissue Browning* (PTB).

La dimensione del frutto mostra un incremento lieve ma costante. È opportuno precisare che le misurazioni della dimensione del frutto mediante calibro sono state effettuate esclusivamente su campioni integri, con mallo ancora chiuso, escludendo quindi i frutti con mallo fessurato o aperto. Tale scelta metodologica rispondeva all'obiettivo di verificare se modificazioni non visibili a occhio nudo nel tessuto del mallo potessero essere rilevate attraverso parametri strumentali, non distruttivi e facilmente applicabili in campo. L'incremento osservato nella dimensione media del frutto potrebbe riflettere l'inizio di

modificazioni strutturali del mallo, riconducibili a un distacco progressivo, anche solo parziale, dal guscio.

In conclusione, l'andamento del DA-meter® appare sostanzialmente consistente con quello della quantificazione diretta della clorofilla, rappresentando quindi un possibile proxy del suo contenuto nel mallo di noce, sebbene siano auspicabili ulteriori ottimizzazioni nella rielaborazione del dato. Anche le misurazioni con calibro mostrano una tendenza in linea con le altre due variabili, rafforzando l'ipotesi che strumenti semplici e non distruttivi, applicabili direttamente in campo, possano risultare utili per supportare decisioni operative e migliorare la gestione della raccolta. Tuttavia, per consolidare questi risultati preliminari, sarà necessario ripetere l'indagine su più anni e identificare un indice quantitativo di riferimento, come ad esempio un valore soglia specifico di ΔA del DA-meter®, che possa essere messo in relazione con le modificazioni strutturali del mallo e con il completamento del PTB interno. Tale strumento consentirebbe una valutazione non distruttiva del processo di maturazione, fornendo indicazioni utili nella determinazione del momento ottimale di raccolta.

Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Michela Troggio

FASE 8: Disseminazione e divulgazione

Questa fase ha consentito la promozione del progetto e la divulgazione dei risultati ottenuti mediante diverse modalità e tempi, incluso la stesura del presente report tecnico finale. Qui di seguito vengono riportati i diversi eventi (ad esempio fiere, manifestazioni, eventi divulgativi e/o scientifici, incontri diretti con i produttori) in cui sono state presentate le attività e i risultati del progetto:

- Festival del Marrone del Chiese svoltosi a Storo il 13 ottobre 2024
- Festa della Noce di Cavrasto. Storo e Cavrasto, 9 novembre 2024.
- Intervista Trentino TV - SOSTENIBILITÀ - PROGETTIAMO IL FUTURO – RICERCA SUL NOCE – 19 novembre 2024
- 78esima Mostra dell'Agricoltura. Trento, 15-16 marzo 2025
- XV Giornate Scientifiche SOI. Pisa, 25-27 giugno 2025
- Articolo su Terra di Mach. Luglio 2025

- I International Symposium on Temperate Tree Nuts: from Agroecologically Sustainable to Organic Production - ISHS. Napoli, 23-25 agosto 2025
- Incontro diretto con i produttori e soci della Confraternita delle Noce del Bleggio per restituzione delle osservazioni sull'andamento stagionale 2025 e confronto con la stagione precedente (2024), al fine di valutare la possibile finestra ottimale per la raccolta nel 2025 (Come previsto anche da FASE 2) – 19 settembre 2025
- Articolo per PAGINA AGRICOLTURA ADIGE - 12 settembre 2025
- Autumnus. Trento, 17-18 ottobre 2025

Personale FEM coinvolto: Erica Di Pierro, Michela Troglio, Silvia Lorenzi, Luisa Palmieri, Rolando Del Fabbro, Valeria Gualandri, Enrico Grazi

INTERVENTO 2: caratterizzazione di antracnosi e batteriosi del noce

Obiettivo dell'intervento: caratterizzazione di due importanti patologie del noce, antracnosi e batteriosi, e valutazione di suscettibilità varietale

Attività svolte da FEM

FASE 1: Definizione disegno sperimentale.

La zona di interesse è quella del comune di Bleggio Superiore (TN), zona particolarmente interessata da queste problematiche fitosanitarie. A seguito di sopralluoghi nell'area di studio, rilievi, valutazioni preliminari e confronto con i produttori locali sulle aree maggiormente colpite dai patogeni oggetto dello studio, sono stati scelti cinque noceti dove condurre i campionamenti, denominati: "Fucine", "Cimitero" e "Capitello" a Cavrasto, "Rango" e "Bivedo". Varietà coltivate e conduzione di ogni noceto sono elencati in Tabella 1.

Nel periodo di raccolta sono stati aggiunti altri due campi situati in località "Pion" a Cavrasto, e "Balbido".

Per quanto riguarda i campionamenti dell'annata 2025 il campo in località "Capitello" è stato sostituito da quello di "Pion". Rispetto agli altri campi osservati, Pion ha la particolarità di essere un campo multi-varietale: al suo interno vengono coltivate le varietà Bleggette, Bleggiana e Lara con conduzione biologica. Per questo motivo si è scelto di monitorare 10 piante in totale: 3 piante delle varietà Lara e Bleggiana e 4 piante di Bleggette.

Tab.1 Denominazione, coordinate, varietà coltivate e tipo di conduzione di ogni noceto del disegno sperimentale

Denominazione noceto	Coordinate GPS	Varietà	Conduzione
Fucine	46.010022, 10.814545	Lara	Integrata
Cimitero	46.014404, 10.821654	Ecotipi locali da seme	Non trattato
Capitello	46.018955, 10.826100	Lara	Biologica
Rango	46.020649, 10.813914	Bleggiana	Integrata
Bivedo	46.026398, 10.829359	Bleggiana	Integrata
Pion	46.014267, 10.823335	Lara, Bleggiana, Blegette	Biologica
Balbido	46.011458, 10.806226	Bleggiana, Blegette	Biologica

Personale FEM coinvolto: Valeria Gualandri, Erica Di Pierro, Michela Troglio, Rolando Del Fabbro, Matteo Komjanc

FASE 2: Campionamenti

In ogni noceto, in entrambe le annate, 2024 e 2025 (Tab.2 e Tab.3) sono stati programmati campionamenti ogni uno o due mesi fino alla raccolta, per un totale di sette campionamenti. L'ultimo campionamento ha avuto luogo durante l'epoca di raccolta. Per ciascuno dei noceti analizzati sono state scelte tre piante in funzione dell'accessibilità alla loro chioma, identificate con le sigle P seguite da un numero. In entrambi gli anni sono stati considerati i medesimi appezzamenti, fatta eccezione per il campo sito in località "Capitello" a Cavrasto, che nel 2025 è stato sostituito dal noceto in località "Pion". Essendo un campo multivarietale, da "Pion" sono state scelte un totale di 10 piante: 3 dalla varietà Bleggiana, 4 di varietà Blegette, altre 3 di Lara (Tab.1).

Le matrici raccolte durante i campionamenti sono state diverse a seconda della stagione.

Durante i campionamenti iniziali sono stati raccolti prevalentemente frutti, foglie comprese di picciolo e amenti mummificati caduti a terra, nonché gemme, corteccia e legno provenienti da scarti di potatura ottenuti al momento del campionamento (Tab.1).

Con l'avanzare della stagione, è stato prelevato materiale vivo direttamente dalle piante. Più precisamente, le matrici raccolte sono state corteccia, amenti, gemme e germogli durante il campionamento di maggio. Nei campionamenti di giugno, luglio ed agosto sono stati raccolti foglie, frutticini e frutti maturi, cercando di reperire materiale sintomatico. Infine, in occasione del campionamento di ottobre sono stati raccolti prevalentemente frutti e foglie sintomatici.

Tab.2: Campionamenti: data, zona, materiale prelevato, presenza sintomi per l'anno 2024

Annata 2024			
Data	Campi	Matrici	Sintomi
11/12/2023	Fucine, Cimitero, Capitello, Rango, Bivedo	Frutti e foglie caduti a terra, gemme e corteccia dei rametti di un anno	No
11/03/2024	Fucine, Cimitero, Capitello, Rango, Bivedo	Frutti e foglie caduti a terra, gemme e corteccia dei rametti di un anno	No
02/05/2024	Fucine, Cimitero, Capitello, Rango, Bivedo	Apici dei germogli, foglie su pianta, amenti, gemme e corteccia dei rametti di un anno	No
06/06/2024	Fucine, Cimitero, Capitello, Rango, Bivedo	Frutticini, foglie, corteccia, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si
12/07/2024	Fucine, Cimitero, Capitello, Rango, Bivedo	Frutti, foglie, corteccia, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si
11/10/2024	Fucine, Cimitero, Capitello, Rango, Bivedo	Frutti maturi, foglie, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si
11/10/2024	Balbido, Pion	Frutti maturi scartati alla raccolta	Si

Tab.3: Campionamenti: data, zona, materiale prelevato, presenza sintomi per l'anno 2025

Annata 2025			
Data	Campi	Matrici	Sintomi
04/03/2025	Fucine, Cimitero, Pion, Rango, Bivedo	Frutti e foglie caduti a terra, gemme e corteccia dei rametti di un anno	No
02/04/2025	Fucine, Cimitero, Pion, Rango, Bivedo	Frutti e foglie caduti a terra, gemme e corteccia dei rametti di un anno	No
06/05/2025	Fucine, Cimitero, Pion, Rango, Bivedo	Fiori femminili, foglie su pianta, amenti, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si
05/06/2025	Fucine, Cimitero, Pion, Rango, Bivedo	Frutticini, foglie, corteccia, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si
10/07/2025	Fucine, Cimitero, Pion, Rango, Bivedo	Frutti, foglie, corteccia, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si
08/08/2025	Fucine, Cimitero, Pion, Rango, Bivedo	Frutti, foglie, corteccia, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si
25/09/2025	Fucine, Cimitero, Pion, Rango, Bivedo	Frutti maturi, foglie, gemme e corteccia dei rametti di un anno	Si

Le avvenute infezioni di antracnosi si sono manifestate con la comparsa di macchie brunonerastre, tendenzialmente tondeggianti, a partire dal mese di giugno.

Le infezioni da batteriosi si sono manifestate con tacche di forma angolare nere sia su foglie che sui frutti.

Tutti i campioni sono stati analizzati presso il Laboratorio di Diagnostica Fitopatologica del Centro di Trasferimento Tecnologico della Fondazione Edmund Mach.

Personale FEM coinvolto: Rolando Del Fabbro, Erica Di Pierro

FASE 3: Coltura ed isolamento

Sono state utilizzate due procedure diverse per l'isolamento degli agenti fungini e per l'isolamento degli agenti batterici, sempre scegliendo la porzione di tessuto tra sano e malato, dove si ha la massima proliferazione del patogeno. Per l'isolamento degli agenti fungini alcuni frammenti di 1-2 mm di ciascun tessuto sono stati inoculati in piastre petri contenenti PDA+C (Potato Dextrose Agar+Cloramfenicolo). Le piastre sono state incubate in termostato a 25°C per 4-7 giorni. Trascorso questo periodo il micelio cresciuto da ciascuna porzione è stato trasferito in purezza su nuove piastre e caratterizzato sulla base dei caratteri morfologici, con lo scopo di identificare *Colletotrichum* spp..

Per l'isolamento di agenti batterici i frammenti della dimensione di 1-2 mm di tessuto sono stati macinati in mortaio con acqua distillata sterile. Il macerato ottenuto sia tal quale che diluito è stato seminato sul terreno di coltura (YDCA), semi selettivo per le specie del genere *Xanthomonas*. Le piastre sono state incubate a 25°C per 24 ore. Su YDCA le colonie di *Xanthomonas* spp. sono facilmente individuabili perché assumono un colore giallo.

Le colonie individuate sono state prelevate e inoculate in purezza su NA per le successive analisi di ipersensibilità su tabacco e caratterizzazione molecolare (Fig.1).

I test di ipersensibilità su piante di tabacco è test essenziale per verificare la patogenicità degli isolati batterici ed è stata utilizzata per scegliere le colonie batteriche da destinare alla caratterizzazione molecolare.

I campionamenti interessati dalle analisi della batteriosi sono stati solo quello di luglio e quello di giugno.

Personale FEM coinvolto: Valeria Gualandri, Thomas Fattore

FASE 4: Caratterizzazione morfologica e molecolare

Caratterizzazione morfologica e molecolare di agenti fungini:

Dal micelio degli isolati fungini è stato estratto il DNA secondo il protocollo NucleoSpin Plant II.

Il DNA è stato amplificato utilizzando le coppie di primer: ITS1-4 e ITS4-5 (regione interspaziatrice ITS), CAM (calmodulina), GD (gliceraldeide-3-fosfato deidrogenasi), ACT (actina).

Ogni PCR è stata verificata mediante elettroforesi su gel di agarosio all'1,5%.

Gli ampliconi PCR sono stati purificati e sequenziati con entrambi i primer, con metodo Sanger. Le sequenze sono state elaborate tramite il software Geneious e confrontate con la banca dati NCBI.

In totale sono stati analizzati 22 isolati appartenenti al genere *Colletotrichum* spp. per l'annata 2024.

Caratterizzazione genetica dei batteri (realizzata successivamente alla verifica della loro patogenicità):

Solo le colonie che hanno dato reazione di ipersensibilità su tabacco sono state destinate alla caratterizzazione molecolare. La regione 16s rRNA del DNA delle colonie batteriche è stato amplificato con i primer 27F/1492R.

L' amplicone è stato sequenziato ed è stata verificata anche per i batteri l'omologia mediante il confronto con la banca dati NCBI

Personale FEM coinvolto: Valeria Gualandri, Thomas Fattore, Enrico Grazi

FASE 5: Prove di patogenicità e suscettibilità varietale

Prova di patogenicità dei funghi caratterizzati

Al fine di dimostrare la virulenza dell'agente patogeno isolato sono stati condotti test di patogenicità: su foglia, frutti ed uno in vivo su piante in vaso.

I quattro isolati di *Colletotrichum* sono *C. salicis*, *C. fioriniae*, *C. nymphaeae* e *C. godetiae*. Le quattro cultivar incluse nello studio sono le principali varietà coltivate nell'areale bleggiano, ovvero Bleggiana, Blegette, Lara e Franquette.

Lo sviluppo di sintomi da ogni punto d'inoculazione è stato valutato tramite l'assegnazione di una classe di reazione.

Tab 4: Scala di valutazione delle necrosi utilizzata durante i test di patogenicità di *Colletotrichum* spp.

Descrizione delle classi di reazione delle foglie di noce all'inoculazione con sospensioni di micelio di <i>Colletotrichum</i> spp..	
Classe	Descrizione della reazione
0	Nessuna reazione
1	Necrosi localizzata intorno alla ferita
2	Necrosi localizzata intorno alla ferita e leggera necrosi oltre la ferita o necrosi della nervatura
3	Necrosi su gran parte della lamina fogliare

Prova di patogenicità dei batteri

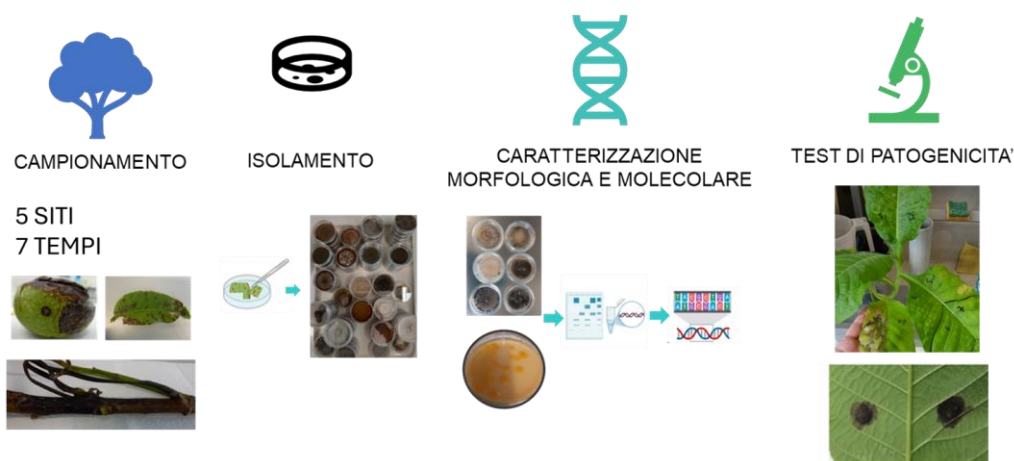


Fig. 1: Illustrazione dei diversi processi e attività che hanno interessato l'intervento 2 a partire dal campionamento fino ai test di patogenicità, effettuati su foglie di tabacco per i batteri (foto in alto) e per su foglie di noce per i funghi (foto in basso).

Personale FEM coinvolto: Valeria Gualandri, Thomas Fattore, Enrico Grazi

FASE 6: Elaborazione, analisi dei dati e discussione

I dati ottenuti dalle attività e analisi finora condotti sono stati organizzati, elaborati e sottoposti ad analisi che hanno fornito una caratterizzazione preliminare degli agenti di antracnosi e

batteriosi presenti nell'area del Bleggio presentata durante un primo evento divulgativo del progetto.

Monitoraggio presenza patogeni

Di seguito vengono riportati i principali risultati del monitoraggio presenza/assenza nei siti di indagini negli anni 2024 e 2025 dei patogeni *Colletotrichum spp.* (Tab.5 e Tab.7) e *Xanthomonas spp.* (Tab.9 e Tab.10). La presenza di *Colletotrichum spp.* e *Xanthomonas spp.* è risultata essere variabile nei diversi noceti. *Colletotrichum* è risultato assente solo nella zona di Capitello nel 2024. Mentre *Xanthomonas* era presente solo a Cimitero e Capitello nel 2024 e in tutti i noceti considerati nel 2025. Relativamente a *Colletotrichum spp.*, le matrici che hanno mostrato una maggiore incidenza del patogeno nel 2024 sono state frutti e foglie (Tab.6), nel 2025 si è invece riscontrata una presenza pressoché costante in tutti i tessuti analizzati (Tab. 8). *Xanthomonas spp.* ha mostrato un'incidenza inferiore a *Colletotrichum spp.* in entrambi gli anni, interessando prevalentemente foglie e frutti sintomatici (Tab.11 e Tab.12).

Tab. 5: Riassunto schematico della presenza di *Colletotrichum spp.* nei noceti monitorati durante l'anno 2024. "X" = presenza ; "--" = assenza ; "nv" = non valutabile

Presenza di <i>Colletotrichum spp.</i> durante l'annata 2024							
	dicembre 2023	marzo 2024	maggio 2024	giugno 2024	luglio 2024	agosto 2024	ottobre 2024
Bivedo	--	--	x	--	--	--	--
Rango	--	x	x	--	x	--	--
Fucine	--	x	x	x	--	--	--
Cimitero	x	x	--	x	x	--	--
Capitello	--	--	--	--	--	--	--
Pion	nv	nv	nv	nv	nv	nv	x
Balbido	nv	nv	nv	nv	nv	nv	x

Tab. 6: Riassunto schematico dei tessuti vegetali (matrici) dai quali è stato possibile isolare *Colletotrichum spp.*, monitorati durante i campionamenti. "X" = presenza ; "--" = assenza ; "nv" = non valutabile

Matrici da cui è stato isolato <i>Colletotrichum spp.</i> nel 2024							
	dicembre 2023	marzo 2024	maggio 2024	giugno 2024	luglio 2024	agosto 2024	ottobre 2024
Frutto a terra	x	x	nv	nv	nv	nv	nv
Frutto su pianta	nv	nv	--	x	x	nv	x
Foglia a terra	--	x	nv	nv	nv	nv	nv
Foglia su pianta	nv	nv	--	x	x	nv	nv
Corteccia di 1 anno	--	--	x	--	--	nv	--
Gemma	--	x	nv	nv	nv	nv	nv
Apice germoglio	nv	nv	x	--	--	nv	--

Tab. 7: Riassunto schematico della presenza di *Colletotrichum* spp. nei noceti monitorati durante l'anno 2025.

“X” = presenza ; “--” = assenza

Presenza di <i>Colletotrichum</i> spp. durante l'annata 2025							
	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
Bivedo	x	x	x	--	--	--	x
Rango	x	x	x	x	x	--	x
Fucine	x	x	x	x	x	--	x
Cimitero	x	x	x	x	x	--	x
Pion	x	x	x	x	x	--	x

Tab. 8: Riassunto schematico dei tessuti vegetali (matrici) dai quali è stato possibile isolare *Colletotrichum* spp. monitorati durante i campionamenti. “X” = presenza ; “--” = assenza ; “nv” = non valutabile

Matrici da cui è stato isolato <i>Colletotrichum</i> spp. nel 2025							
	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
Frutto a terra	x	x	nv	nv	nv	nv	nv
Foglia a terra	x	x	nv	nv	nv	nv	nv
Frutto su pianta	nv	nv	x	x	x	--	x
Foglia su pianta	nv	nv	x	x	x	--	x
Corteccia di 1 anno	x	x	x	x	x	--	x
Gemma	x	x	nv	nv	nv	nv	nv
Apice germoglio	nv	nv	x	x	x	--	x

Tab. 9: Riassunto schematico della presenza di *Xanthomonas* spp. nei noceti monitorati durante l'anno 2024. “X” = presenza ; “--” = assenza

Presenza di <i>Xanthomonas</i> spp. durante l'annata 2024			
	Giugno	Luglio	Ottobre
Bivedo	--	--	--
Rango	--	--	--
Fucine	--	--	--
Cimitero	x	x	--
Capitello	x	x	--

Tab. 10: Riassunto schematico dei tessuti vegetali (matrici) dai quali è stato possibile isolare *Xanthomonas* spp., monitorati durante i campionamenti del 2024. “X” = presenza ; “--” = assenza

Presenza di <i>Xanthomonas</i> spp. durante l'annata 2025			
	Luglio	Agosto	Settembre
Bivedo	--	x	--
Rango	--	x	--
Fucine	--	--	x
Cimitero	x	--	x
Pion	x	--	x

Tab. 11: Riassunto schematico della presenza di *Xanthomonas* spp. nei noceti monitorati durante l'anno 2025. “X” = presenza ; “--” = assenza

Matrici da cui è stato isolato <i>Xanthomonas</i> spp. nel 2024			
	Giugno	Luglio	Ottobre
Frutto sintomatico	x	x	--
Foglia sintomatica	x	x	--

Tab. 12: Riassunto schematico dei tessuti vegetali (matrici) dai quali è stato possibile isolare *Xanthomonas* spp. monitorati durante i campionamenti. “X” = presenza ; “--” = assenza

Matrici da cui è stato isolato <i>Xanthomonas</i> spp. nel 2025			
	Luglio	Agosto	Settembre
Frutti sintomatici	x	x	x
Foglie sintomatiche	x	x	x

Caratterizzazione genetica dei diversi ceppi di *Xanthomonas*

I ceppi di *Xanthomonas* spp. isolati sono stati successivamente caratterizzati a livello molecolare con l'individuazione di 3 differenti specie (Tab.13).

Tab. 13: La caratterizzazione genetica di *Xanthomonas* spp. ha rivelato la presenza di 3 specie (*X. campestris*, *X. arboricola* e *X. hydrangeae*). La specie *X. campestris* è presente sottoforma di 3 distinte pathovar (*raphani*, *campestris* e *vitians*).

Caratterizzazione genetica di <i>Xanthomonas</i> spp. isolato durante il 2024				
Campionamento	Campo	Matrice	Specie (NCBI) primer 16S	Nome isolato
giugno 24	Capitello	Foglia	<i>X. campestris</i> pv <i>campestris</i>	CAP_P1_FG_2_BIS
giugno 24	Cimitero	Foglia	<i>X. campestris</i> pv <i>raphani</i>	CIM_P2_FG1_2
giugno 24	Cimitero	Foglia	<i>X. campestris</i> pv <i>raphani</i>	CIM_P2_FG_2
giugno 24	Cimitero	Foglia	<i>X. campestris</i> pv <i>raphani</i>	CIM_P2_FG_4
giugno 24	Cimitero	Frutto	<i>X. campestris</i> pv <i>campestris</i>	CIM_P2_FR_1
giugno 24	Cimitero	Frutto	<i>X. hydrangeae</i>	CIM_P2_FR_2
giugno 24	Cimitero	Frutto	<i>X. campestris</i> pv <i>raphani</i>	CIM_P2_FR_3
giugno 24	Cimitero	Foglia	<i>X. hydrangeae</i>	CIM_P3_FG_1
luglio 24	Cimitero	Frutto	<i>X. arboricola</i> pv <i>pruni</i>	CIM_P1_FR_4197_D
luglio 24	Capitello	Foglia	<i>X. campestris</i> pv <i>vitians</i>	CAP_P1_FG_D_A

Sensibilità varietale degli isolati di *Colletotrichum*

Per approfondire il comportamento dei diversi isolati di *Colletotrichum* in funzione della varietà sono state effettuate prove di patogenicità su foglie e frutti in vitro e su piante in serra. La valutazione della sensibilità ha riguardato in primo luogo la presenza di danno su frutti e foglie; successivamente i danni sono stati raggruppati per severità secondo le classi indicate in materiali e metodi. I risultati ottenuti sono schematizzati in Tabella 14, da cui si evince che tutte le varietà sono sensibili a *Colletotrichum* spp. La specie *C. fioriniae* risulta essere la più aggressiva tra i quattro osservati, seguita da *C. nymphaeae*. Tra le quattro varietà considerate, Blegette si è mostrata particolarmente sensibile all'infezione da questi due ceppi riportando il maggior danno. In secondo luogo è stato osservato che *C. godetiae* sembra essere il ceppo meno aggressivo; tuttavia la varietà Lara ha mostrato un'incidenza di danno di classe >1 su frutti significativa da quest'ultimo.

Tab 14: Rappresentazione schematica della patogenicità in camera umida svolta a settembre 2025 su foglie e frutti. La lettura dei dati sottoelencati è avvenuta dopo 7 giorni dall'inizio della prova.

FREQUENZE PRESENZA DANNO SU FRUTTI				
	FIORINIAE	GODETIAE	SALICIS	NYMPHAEAE
FRANQUETTE	15	11	15	14
LARA	14	12	15	15
BLEGGIANA	15	9	14	15
BLEGETTE	13	8	9	15

FREQUENZE PRESENZA DANNO SU FOGLIE				
	FIORINIAE	GODETIAE	SALICIS	NYMPHAEAE
FRANQUETTE	15	15	15	10
LARA	15	15	10	13
BLEGGIANA	15	15	15	15
BLEGETTE	15	15	15	15

FREQUENZE PRESENZA DANNO >1 SU FRUTTI				
	FIORINIAE	GODETIAE	SALICIS	NYMPHAEAE
FRANQUETTE	12	0	13	11
LARA	7	5	4	8
BLEGGIANA	12	0	7	11
BLEGETTE	10	1	5	9

FREQUENZE PRESENZA DANNO >1 SU FOGLIE				
	FIORINIAE	GODETIAE	SALICIS	NYMPHAEAE
FRANQUETTE	15	8	11	5
LARA	15	0	10	9
BLEGGIANA	15	9	12	13
BLEGETTE	15	15	15	6

FREQUENZE PRESENZA DANNO >2 SU FRUTTI				
	FIORINIAE	GODETIAE	SALICIS	NYMPHAEAE
FRANQUETTE	0	0	0	0
LARA	0	0	0	0
BLEGGIANA	0	0	0	0
BLEGETTE	0	0	0	0

FREQUENZE PRESENZA DANNO >2 SU FOGLIE				
	FIORINIAE	GODETIAE	SALICIS	NYMPHAEAE
FRANQUETTE	1	0	0	0
LARA	4	0	0	0
BLEGGIANA	4	0	0	2
BLEGETTE	7	0	0	7

Personale FEM coinvolto: Valeria Gualandri, Erica Di Pierro, Rolando Del Fabbro

FASE 7: Divulgazione e disseminazione

Questa fase ha consentito la promozione del progetto e la divulgazione dei risultati ottenuti mediante diverse modalità e tempi, incluso la stesura del presente report tecnico finale. Qui di seguito vengono riportati i diversi eventi (ad esempio fiere, manifestazioni, eventi divulgativi e/o scientifici, incontri diretti con i produttori) in cui sono state presentate le attività e i risultati del progetto:

- Festival del Marrone del Chiese svoltosi a Storo il 13 ottobre 2024
- Festa della Noce di Cavrasto. Storo e Cavrasto, 9 novembre 2024.
- Intervista Trentino TV - SOSTENIBILITÀ - PROGETTIAMO IL FUTURO – RICERCA SUL NOCE – 19 novembre 2024
- 78esima Mostra dell’Agricoltura. Trento, 15-16 marzo 2025
- XV Giornate Scientifiche SOI. Pisa, 25-27 giugno 2025
- Articolo su Terra di Mach. Luglio 2025
- I International Symposium on Temperate Tree Nuts: from Agroecologically Sustainable to Organic Production - ISHS. Napoli, 23-25 agosto 2025
- Incontro diretto con i produttori e soci della Confraternita delle Noce del Bleggio per restituzione delle osservazioni sull’andamento stagionale 2025 e confronto con la stagione precedente (2024), al fine di valutare la possibile finestra ottimale per la raccolta nel 2025 (Come previsto anche da FASE 2) – 19 settembre 2025
- Articolo per PAGINA AGRICOLTURA ADIGE - 12 settembre 2025
- XXX SIPaV Congress. Catania, 15-17 settembre 2025
- Autumnus. Trento, 17-18 ottobre 2025

Personale FEM coinvolto: Valeria Gualandri, Erica Di Pierro, Michela Troggio, Silvia Lorenzi, Luisa Palmieri, Rolando Del Fabbro, Enrico Grazzi

INTERVENTO 3: fabbisogno idrico castagno

Obiettivo dell’intervento: la valutazione del fabbisogno idrico di un castagneto come base per lo sviluppo di un modello di gestione efficiente del castagneto

Attività svolte da FEM

FASE 1:

La sperimentazione ha previsto il confronto tra due tesi distinte: piante irrigate (9) e piante non irrigate (9) suddivise in 3 blocchi da 6 piante ciascuno. Le misure biometriche sono state eseguite su tutte le unità sperimentali (18 piante totali). L'acquisizione dei dati tramite

biosensoristica è stata invece limitata a un sottocampione di tre piante per ciascun trattamento, per un totale di sei piante.

Questa fase può considerarsi terminata con successo in quanto è stata acquistata, messa a dimora e validata la biosensoristica costituita da: 1 Stazione meteo (sensore di temperatura ed umidità dell'aria, pluviometro, anemometro, sensore PAR), 1 Centralina irrigazione (Talgil, modello Sapir 2), 3 Nodo coordinatore (ciascuno integrato con 2 Sentek 120 + 2 Florapulse + 8 Fruttometri). Le sonde Sentek (120 cm) vengono utilizzate per la misura dell'umidità e temperatura del suolo a diverse profondità. Sono inoltre stati inseriti nella parte superficiale del tronco della pianta, ad inizio stagione vegetativa 2025, 12 Florapulse, ossia dei microtensiometri che misurano, in continuo, il potenziale idrico del fusto della pianta. A ricci appena formati, sono stati montati 16 fruttometri con 10 m di cavo e connettore IP67, sensori in grado di monitorare in tempo reale ed in continuo la crescita del riccio (Fig.1). Tutti i sensori hanno previsto un fase di validazione. (Fig.3)

Grazie al sistema di acquisizione dati wireless dotato di modem GPRS per il monitoraggio dei dati in tempo reale su cloud tramite sito WinetsrlCloud e/o applicazione WinetApp, i dati meteo, di umidità e temperatura del suolo, di potenziale idrico del tronco ed di crescita del riccio, sono stati acquisiti ogni 15 minuti durante l'intera stagione vegetativa 2025. Inoltre, in considerazione delle performances fisiologiche delle piante ed in funzione dell'andamento climatico (es. precipitazioni), è stata predisposta, tramite l'utilizzo di una centralina Talgil, con gestione da remoto, l'attivazione e/o disattivazione, in maniera del tutto automatica, dell'irrigazione (Fig.2). Tali dati sono stati in seguito elaborati e confrontati con i dati biometrici di tipo puntuale.

Personale coinvolto: Luisa Palmieri, Giulio Perulli, Massimiliano Luzzani

Sensoristica (suolo-pianta-atmosfera)

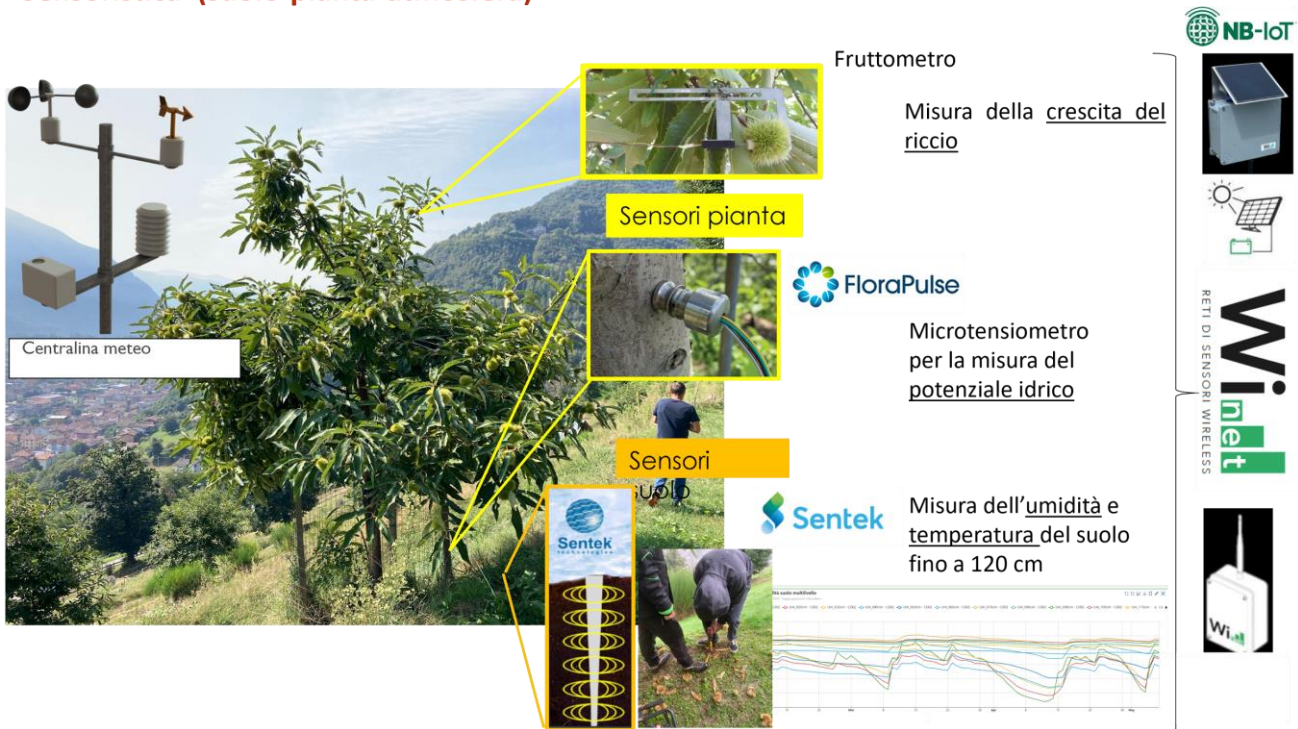


Fig. 1: Sistema di biosensoristica in grado di misurare i parametri meteorologici, del suolo e fisiologici delle piante.

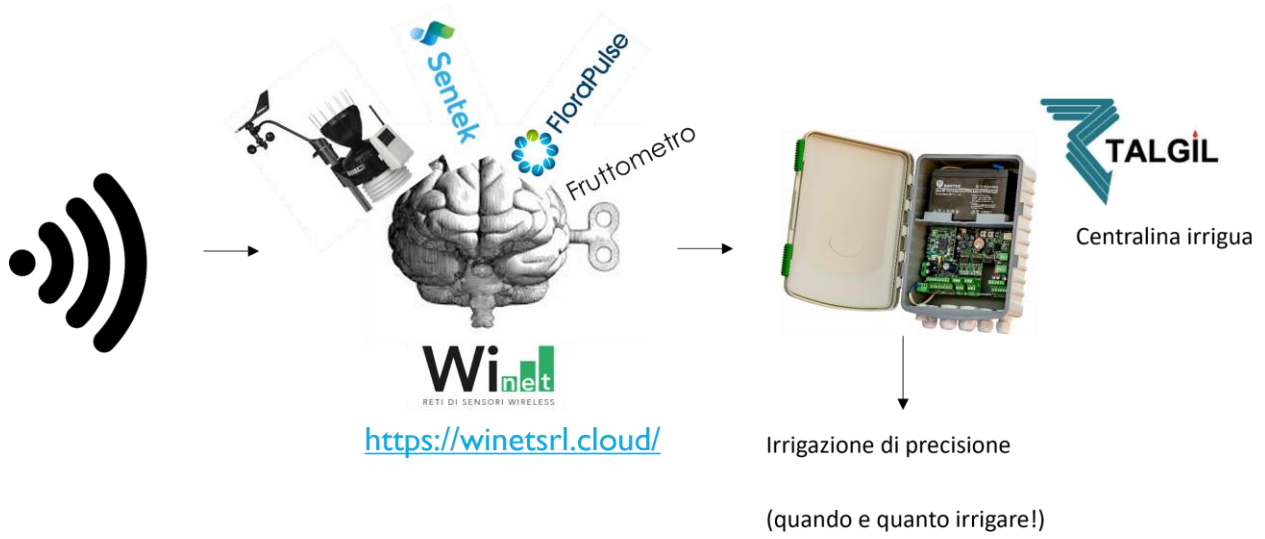


Fig.2: Sistema di acquisizione dati in iCloud, che permette di rilevare i parametri sopra descritti in continuo (ogni 15 minuti) e di attivare/disattivare da remoto l'impianto di irrigazione



Fig.3 : Validazione dei sensori Florapulse tramite camera a pressione Pump-Up (PMS Instruments).

FASE 2: I dati meteo e di umidità del suolo sono trasmessi in continuo e consultabili attraverso la App Winet da parte dei ricercatori coinvolti. Sono inoltre stati svolti, durante diverse fasi fenologiche della pianta (Fig.4), campionamenti per un numero totale di 708 campioni su diversi organi della pianta (gemma, foglia, infiorescenze, riccio, frutto).

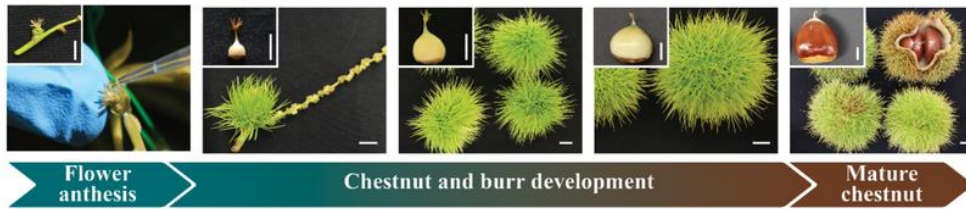


Fig.4: Principali fasi fenologiche del castagno, campionate ed analizzate.

Su questi campioni sono state svolte diverse misure morfometriche quali peso fresco, peso secco, lunghezza, altezza ed area fogliare (grazie all'App Easy Leaf), in base alla tipologia di campione (Fig.5).

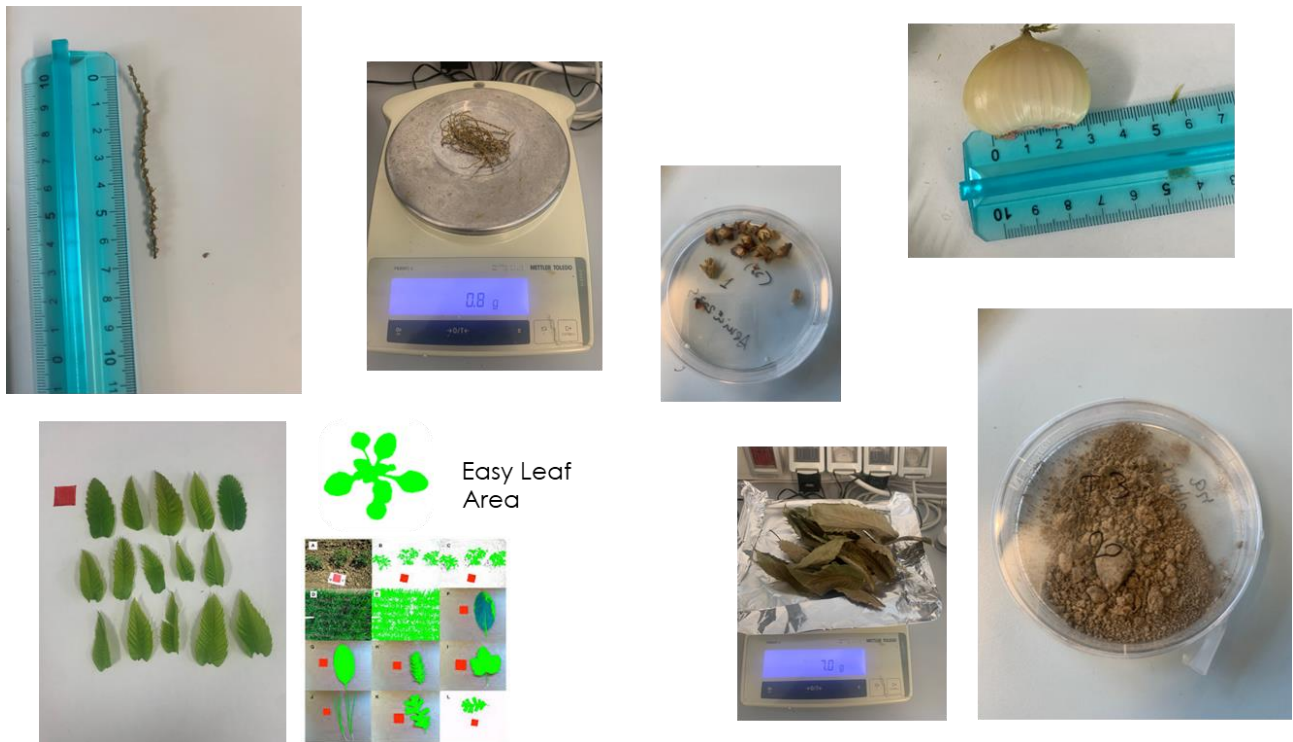
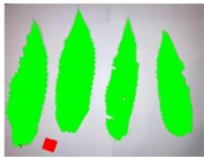


Fig.5: Misurazioni svolte sui diversi campioni raccolti

I campioni sono stati disidratati in stufa a 65 °C e macinati per poi essere inviati all'Università di Bologna per l'analisi degli elementi minerali. Fosforo (P), Potassio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zolfo (S), Alluminio (Al), Boro (B), Bario (Ba), Rame (Cu), Ferro (Fe), Manganese (Mn), e Zinco (Zn) sono stati determinati mediante spettroscopia di emissione ottica al plasma (ICP-OES, Ametek Spectro Arcos EOP, Kleve, Germania). Questa analisi è stata eseguita dopo la digestione dei diversi organi con acido nitrico (HNO₃) in una stazione da laboratorio a microonde (Ethos TC-Milestone, Bergamo, Italia). La concentrazione di azoto (N) è stata invece determinata, nei suddetti organi, con il metodo Kjeldahl. Per il calcolo del contenuto di ciascun elemento minerale, per singolo organo, la sua concentrazione è stata moltiplicata per il peso secco dello stesso (Fig.6). Durante la caduta dei frutti, dei ricci e delle foglie, ciascun organo è stato rispettivamente raccolto e pesato per calcolare la domanda, in elementi minerali, della pianta.

Valutazione della **concentrazione degli elementi minerali (es., N,P,K)** in diversi tessuti della pianta:

- Foglie



- Infiorescenze maschili



- Infiorescenze femminili



- Ricci

- Frutti



Fig.6: Organi campionati per lo svolgimento delle successive analisi nutrizionali.

Gli stessi rilievi sono stati svolti nella stagione 2025. Nella stessa stagione, inoltre, sono state eseguite ulteriori misurazioni, di tipo biometrico, misurando la lunghezza di 3 germogli, per pianta e sulla lunghezza e larghezza di 3 ricci per ogni germoglio per le 18 piante a cui sono stati applicati i sensori. Inoltre sono state fatte le medesime misure sui ricci a cui sono stati applicati i fruttometri. Sono inoltre stati rilevati i punti cardinali nei quali si trovavano tali ricci

per poter comprendere il possibile effetto dovuto all'esposizione solare (stessa metodologia già adottata per le foglie).

Al fine di approfondire la fisiologia della riproduzione sono state svolte analisi sulla vitalità pollinica del castagno. Sono state individuate 9 piante di individui selvatici donatori presenti nel campo sperimentale. Le analisi si sono svolte nella fase fenologica di piena fioritura (13 e 23 giugno 2025) prelevando amenti da ciascuna pianta in quattro quadranti di esposizione (0-90°/91°-180°/ 181°-270°/271°-360°) con coordinate selezionate con estrazione casuale. Per un'unica pianta è stata svolta la misura a distanza di 10 giorni dalla fase di piena fioritura.

Per analizzare la vitalità pollinica si utilizza uno strumento (Ampha Z32-Amphasys <https://amphasys.com/>) che consente di valutare con una tecnica innovativa ed automatica l'integrità del granulo pollinico e la sua morfologia, parametri idonei a stimare la vitalità di un elevato numero di granuli in pochi minuti (per il caso studio sono stati valutati non meno di 10.000 granuli a campione) (Fig.7).

In parallelo è stato catturato il particolato biologico aerodisperso utilizzando un campionatore passivo (Sigma 2) per svolgere nei prossimi anni un'analisi sulla biodiversità pollinica presente e ricostruire la stagionalità della dispersione in aria del polline di castagno. Inoltre sono stati raccolti i fiori maschili dei putativi impollinatori per svolgere, in lavori futuri, l'analisi di paternità mediante analisi del DNA, onde identificare gli impollinatori migliori.



Fig.7: Analisi pollinica attuata attraverso l'utilizzo dello strumento Ampha Z32 e la stazione per la cattura del particolato biologico

Personale coinvolto: Luisa Palmieri, Giulio Perulli, Fabiana Cristofolini, Elena Gottardini, Massimiliano Luzzani

FASE 3: Nel corso del 2025, da maggio ad ottobre sono state effettuate misure del contenuto di clorofilla fogliare in otto diverse date. Per le misure è stato utilizzato il clorofillometro SPAD 502DL Plus (Minolta, USA). Le misure hanno interessato tre piante; per ogni pianta sono state misurate 15 foglie selezionate in maniera casuale sull'intera circonferenza della chioma, a circa 2-3 m dal suolo. Ogni foglia è stata misurata in 5 punti (2 + 2 laterali e una all'apice) ed è stata calcolata la media per foglia. I valori sono espressi in unità arbitrarie (u.a.) (Fig.8). Complessivamente sono state misurate 359 foglie. Tali foglie sono le stesse utilizzate successivamente per svolgere l'analisi di tipo nutrizionale.

Località: Storo

Numero piante: 3

Numero foglie per pianta: 15

Criterio selezione foglia: estrazione casuale grado esposizione chioma (1-360)

Numero misure per foglia: 5

Strumento: SPAD-502DL Plus, Minolta USA

Date misure: 15-lug-24; 01-ago-24; 13-ago-24; 03-set-24; 24-set-24



Fig.8: Analisi del contenuto in clorofilla fogliare

Personale coinvolto: Luisa Palmieri, Elena Gottardini, Fabiana Cristofolini

FASE 4: Sono state eseguite le elaborazioni dei dati da cui sono usciti alcuni risultati, preliminari, a supporto della gestione idrica e nutrizionale del castagno. Purtroppo data la stagione particolarmente piovosa (ca. 1450 mm di precipitazione caduti tra maggio ed ottobre 2025) non è stato possibile fare un confronto approfondito tra piante irrigate e non irrigate, dal momento in cui non è stato possibile portare a stress idrico le piante non irrigate.

Analisi dati climatici e biometrici

L'analisi climatica del periodo compreso tra aprile e ottobre (durante quindi l'attività sperimentale) evidenzia un andamento termico tipico della zona, con la temperatura dell'aria che mostra una progressione costante fino al picco massimo tra giugno e agosto, per poi calare gradualmente (Fig.9). L'aspetto più rilevante riguarda invece la distribuzione delle precipitazioni: a dispetto di un clima che potrebbe prevedere siccità estiva, si registra un massimo pluviometrico eccezionale nel mese di luglio (quasi 500 mm registrati), seguito da precipitazioni molto elevate anche ad agosto e settembre. Al contrario, i mesi di giugno e ottobre sono i meno piovosi.

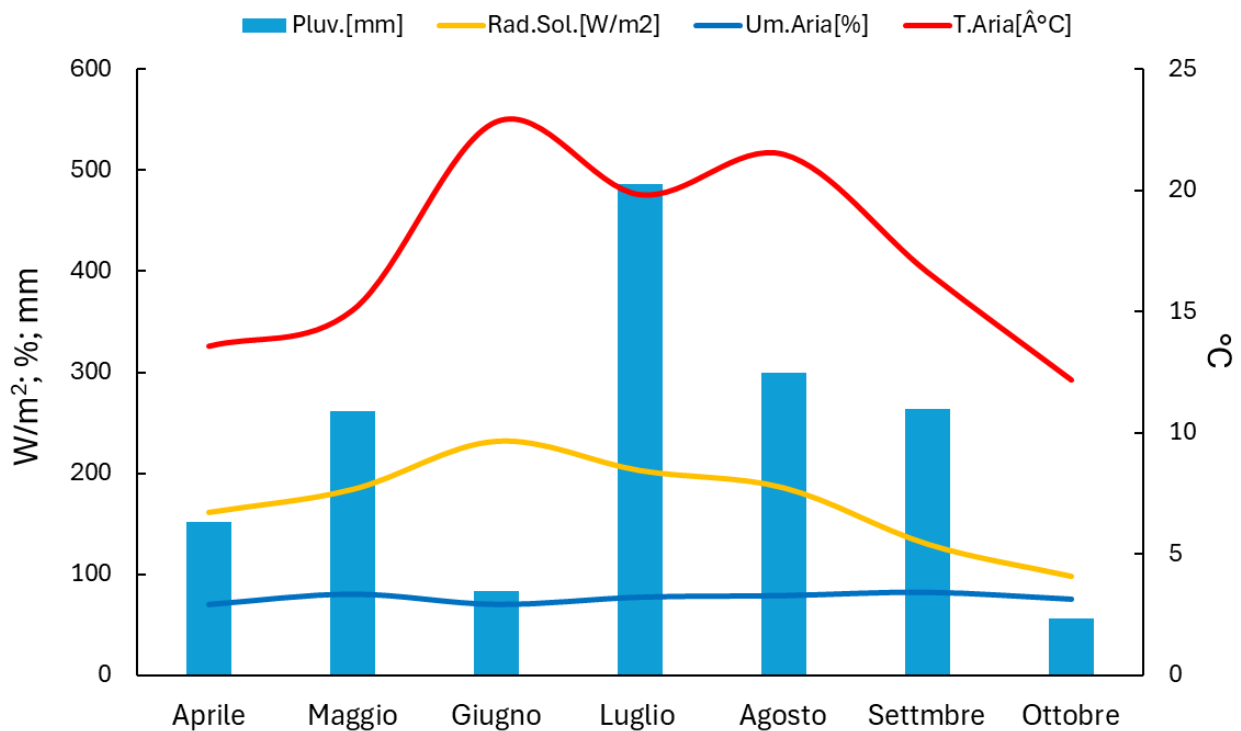


Fig. 9: Principali parametri climatici registrati, da aprile ad ottobre, dalla stazione meteo Winet installata all'interno del castagneto.

Ai dati biometrici ricavati dalle varie misurazioni fatte su ricci e frutti è stata applicata la Canonical Correspondence Analysis (CCA) utilizzando il software Past v.4.11 (Hammer et al., 2022) e un'analisi di correlazione utilizzando il software Statistica (TIBCO Statistica™ 14.0.0). Tale analisi hanno permesso di mettere in relazione i dati biometrici con quelli ambientali al fine di determinare la formazione di particolari cluster influenzati da variabili ambientali o di

evidenziarne particolari correlazioni positive o negative. Sia per riccio (Fig.10) che per frutto (Fig.11) è emerso come la variabile ambientale che maggiormente ne influenza lo sviluppo, risulta essere l'umidità dell'aria, in particolare nell'ultima fase della stagione, che va da metà settembre ad inizio ottobre. E' stata evidenziata inoltre una correlazione positiva dell'ingrossamento del riccio con l'aumento dell'umidità (Fig.12) ed una correlazione negativa con l'aumento della temperatura (Fig.13). E' da evidenziare che questa parte della stagione è quella relativa alla fase di maggior sviluppo sia del riccio che del frutto.

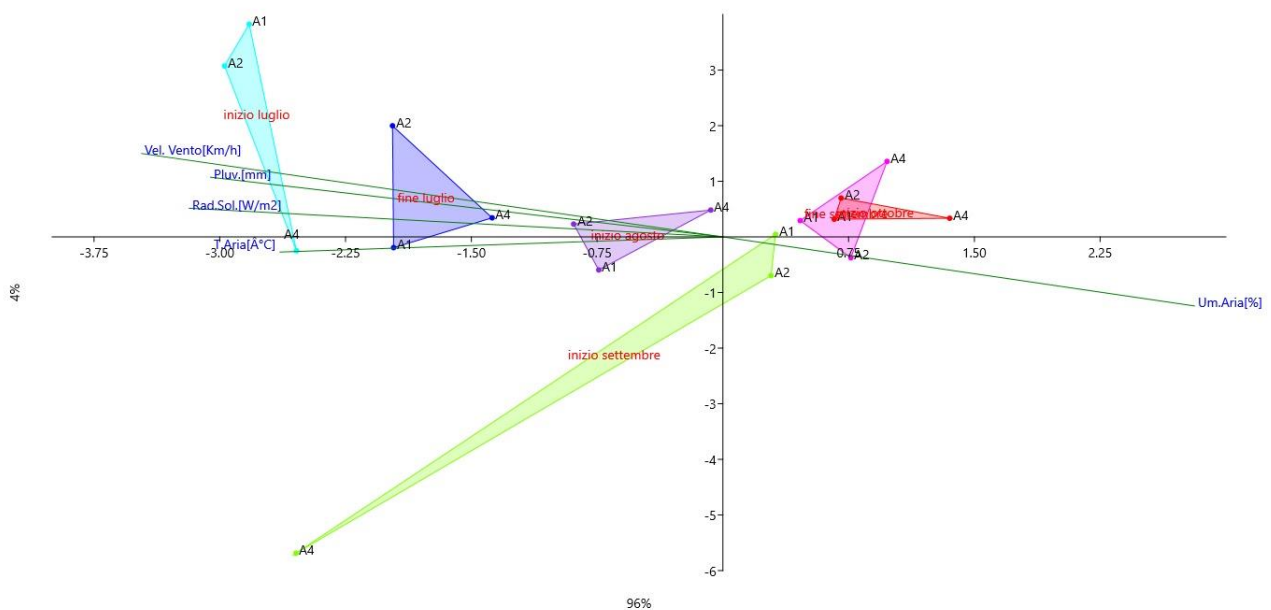


Fig.10: Risultato della CCA che correla i dati meteo con i dati biometrici (peso fresco, peso secco, altezza, larghezza) dei ricci campionati dalle tre piante utilizzate come testimoni.

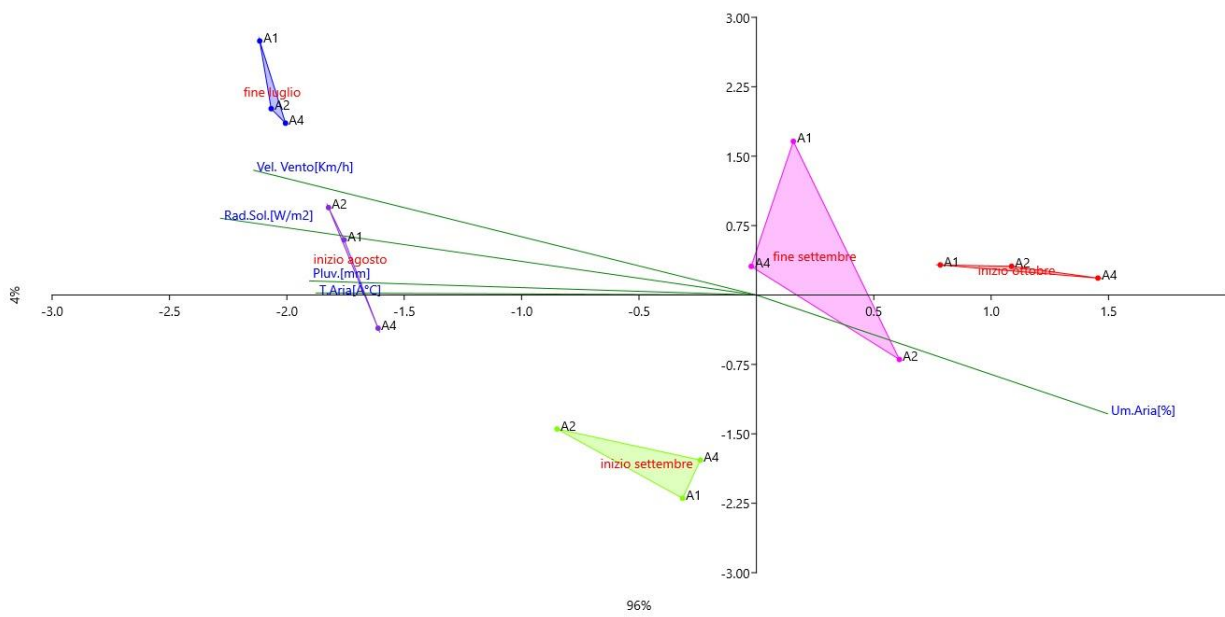


Fig.11: Risultato della CCA che correla i dati meteo con i dati biometrici (peso fresco, peso secco, altezza, larghezza) dei frutti campionati dalle tre piante utilizzate come testimoni.

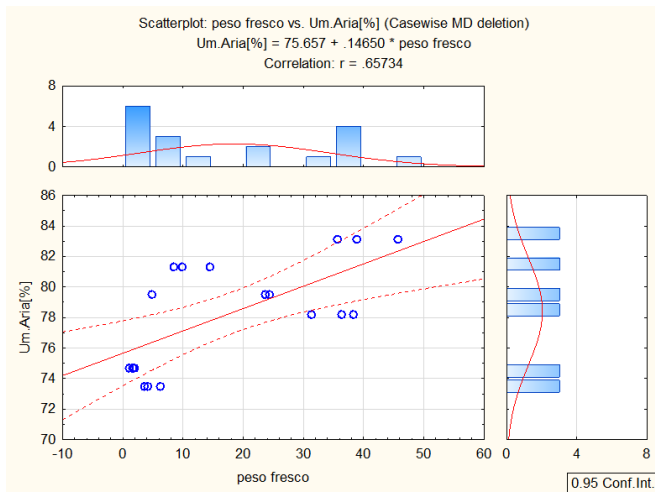


Fig.12: Risultati analisi di correlazione tra peso fresco e umidità dell'aria. Si evidenzia una correlazione positiva significativa tra le due variabili

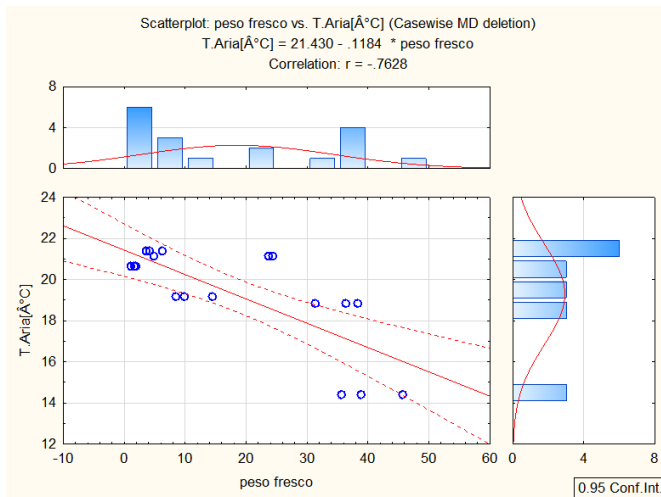


Fig.13: Risultati analisi di correlazione tra peso fresco e temperatura dell'aria. Si evidenzia una correlazione negativa significativa tra le due variabili

Analisi del potenziale idrico del fusto con sensoristica plant-based

La Figura 14 illustra l'andamento temporale del potenziale idrico del fusto, espresso in bar, in un periodo compreso tra il 22 giugno e il 27 giugno, confrontando una condizione di pianta Irrigata (linea blu) con una condizione Non Irrigata (linea rossa). L'analisi mostra un chiaro e marcato ciclo diurno in entrambe le condizioni. I valori di potenziale idrico raggiungono il massimo (meno negativo) durante la notte o le prime ore del mattino. Al contrario, il potenziale idrico scende al minimo (più negativo, indicativo del massimo stress) nelle ore più calde e secche. È importante notare che, al momento delle misurazioni, il trattamento Irrigato e il Non Irrigato non hanno ricevuto interventi idrici differenziati, in quanto la soglia critica per l'attivazione dell'irrigazione non è stata raggiunta. Di conseguenza, la differenza costante osservata tra le due curve riflette principalmente la variabilità iniziale delle piante. Questo andamento, in ogni caso, suggerisce un progressivo esaurimento delle riserve idriche del suolo, indicando l'avvicinarsi di una condizione di stress idrico.

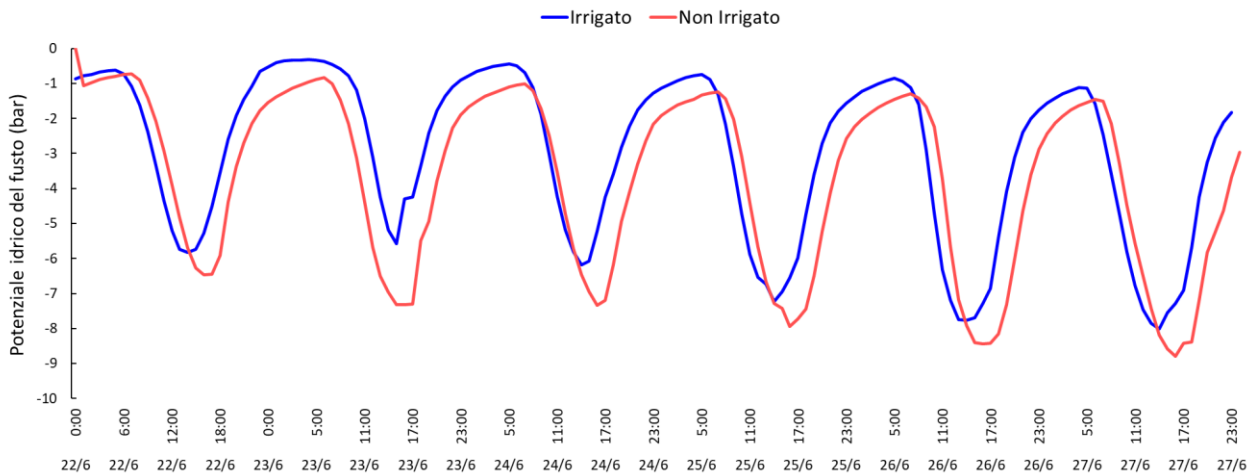


Fig. 14: Andamento del potenziale idrico del fusto, sia di piante irrigate sia non irrigate, misurato tramite i microtensimetri Florapulse installati all'interno del tronco delle piante.

Analisi nutrizionale campioni 2024

L'analisi degli elementi minerali, ha permesso di conoscere la disponibilità dei nutrienti nei principali organi della pianta ed il loro andamento nel corso della stagione. Ciò ha permesso di individuare, anche per il castagno, il periodo più opportuno per l'esecuzione di analisi di diagnostica fogliare; permettendo, ad esempio, una ottimale valutazione dello status nutrizionale e/o di squilibri nutrizionali (carenze) a carico dell'albero. Per quanto riguarda l'azoto, il principale elemento della fertilità, si è attestato su valori intorno al 2.2 % (campionamento di inizio agosto), molto vicino ai valori di riferimento ottimali (Figg.15,16). Ciò indica quindi una buona e corretta disponibilità di azoto per la pianta. Gli amenti, come il riccio, vengono individuati come organi ad alta concentrazione di azoto. Per quanto riguarda gli altri macroelementi, le piante analizzate mostrano quasi sempre valori all'interno dei range ottimali attualmente individuati su *C. sativa*. Per i microelementi, si evidenzia una elevata concentrazione di manganese a livello fogliare (Fig.15).

	N	P	K	Ca	Mg	S	Al	B	Ba	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹						
Gemma	22.1	1.64	5.49	8.17	1.94	1.14	189	28.9	103	30.7	68.5	838	51.2
Foglia	21.8	0.88	8.25	7.66	3.14	1.97	318	88.5	87.0	7.13	80.0	924	35.3
Amento	14.0	1.30	6.85	3.68	2.09	1.11	158	12.1	32.0	8.42	104	239	27.2
Riccio	12.5	0.42	4.84	2.25	0.87	0.35	42.3	23.2	39.4	6.16	50.3	173	12.1
Castagna	7.78	0.62	6.96	1.47	0.84	0.62	15.5	16.7	25.2	11.5	23.1	83.8	14.4

Fig. 15: Concentrazioni dei principali macro e micro-nutrienti rilevate nei principali organi del castagno durante la stagione vegetativa 2024.

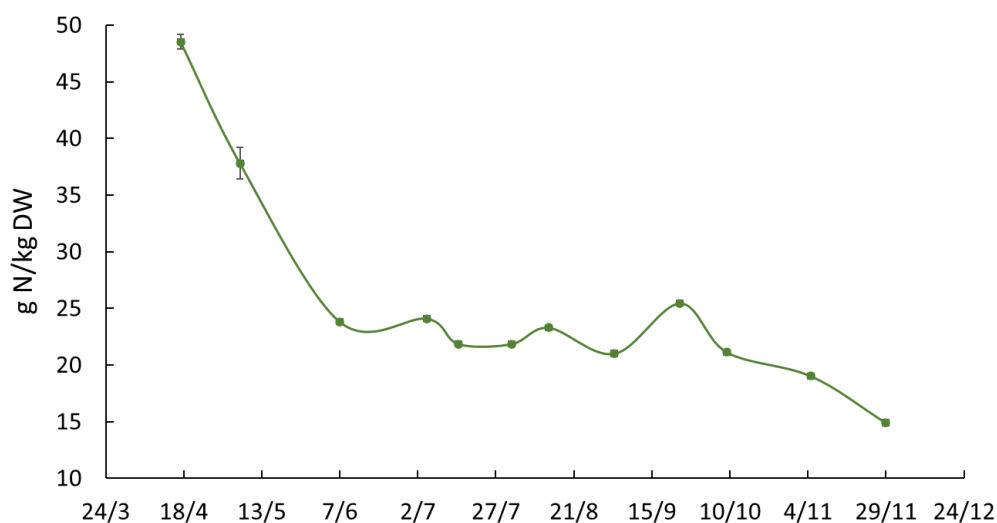


Fig. 16: Andamento della concentrazione fogliare di azoto durante la stagione vegetativa 2024.

Analisi contenuto in clorofilla

Il contenuto medio di clorofilla SPAD calcolato sulle n=359 foglie misurate nel 2025 da maggio ad ottobre sulle tre piante è risultato pari a 36,9 u.a.; in dettaglio il contenuto di clorofilla delle tre piante è stato di 35,8 (A1), 36,5 (A2) e 38,3 (A4) u.a. (Fig.17). Tra le tre piante non sono state verificate differenze significative (Kruskal-Wallis test).

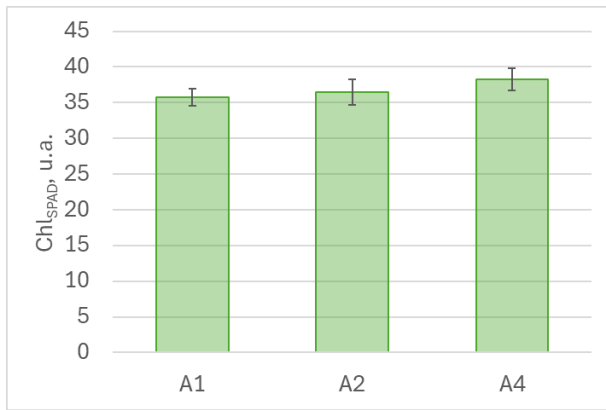


Fig.17: Valori medi di contenuto di clorofilla misurata con clorofillometro SPAD in otto date diverse, da maggio ad ottobre 2025, su tre piante (A1, A2, A4) del campo di Storo; le barre rappresentano l'errore standard calcolato sui valori medi per pianta delle otto misure.

Rispetto all'anno precedente, e riferendosi ad un periodo comune - circa da metà luglio alla prima settimana di ottobre - i valori del 2025 sono risultati mediamente inferiori; la differenza è risultata statisticamente significativa (Wilcoxon Matched Pairs Test; $p=0,046$) per la pianta A4 (Fig.18).

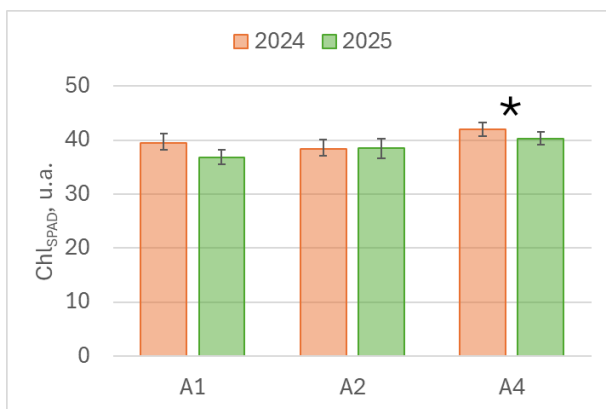


Fig.18: Confronto dei valori medi di clorofilla misurata con clorofillometro SPAD nel 2024 (dal 15/7 al 9/10) e nel 2025 (dal 9/7 al 7/10); le barre rappresentano l'errore standard calcolato sui valori medi per pianta delle sei misure per ciascun anno.

L'andamento temporale del contenuto di clorofilla fogliare nelle tre piante è rappresentato in Figura 19. I valori sono aumentati nel corso della primavera ed inizio estate; per la pianta A1 il valore di picco è stato registrato ad inizio agosto mentre per le piante A2 e A4 il picco si è verificato alla fine di agosto.

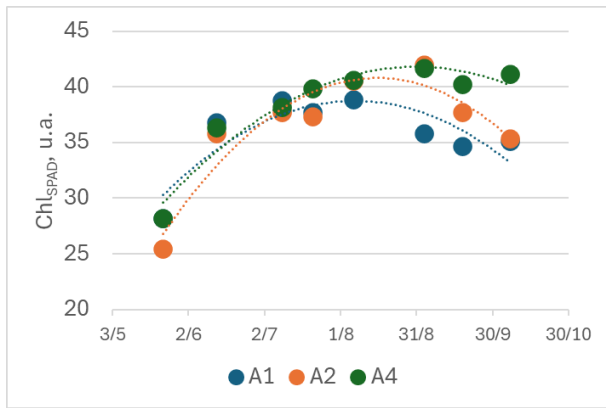


Fig.19: Andamento temporale del valore medio per pianta del contenuto di clorofilla SPAD misurata con clorofillometro SPAD in otto date diverse, da maggio ad ottobre 2025, su tre piante (A1, A2, A4) del campo di Storo.

Dal confronto dell'andamento temporale del contenuto medio di clorofilla calcolato sulle tre piante, misurato nel 2024 e 2025, si osservano valori più elevati nel 2025 nella prima parte della stagione, che vanno poi ad allinearsi con quelli del 2024 verso fine agosto (Fig.20).

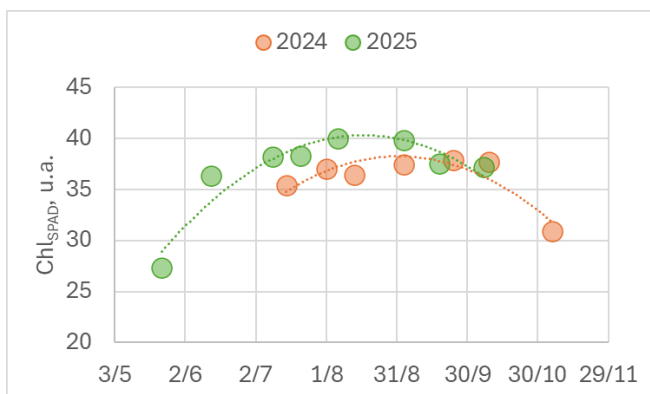


Fig.20: Andamento temporale del valore medio del contenuto di clorofilla SPAD misurata con clorofillometro SPAD nel 2024 e 2025; ogni simbolo rappresenta il valore medio calcolato sulle tre piante (A1, A2, A4).

I valori di contenuto di clorofilla SPAD sono stati associati alla posizione della foglia in modo da verificare se esistono differenze legate all'esposizione (Fig.21). I valori sono risultati più elevati nelle foglie esposte a ovest-nord-est rispetto alle foglie esposte a est-sud-ovest, con differenze significative tra i quadranti N-E (0-90) e E-S (91-189), e tra E-S e W-N (271-360) (Kruskal-Wallis test, Multiple comparison).

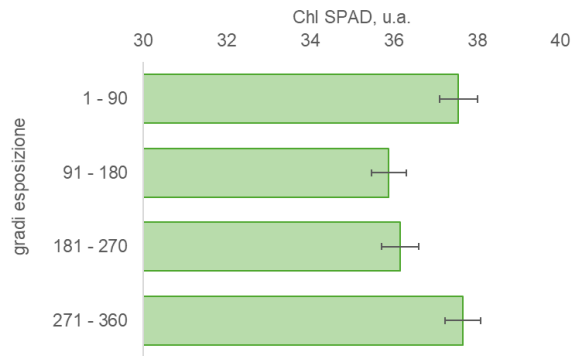


Fig:21: Risultati analisi di relazione tra esposizione della foglia sulla chioma e contenuto di clorofilla.

Analisi dati vitalità pollinica

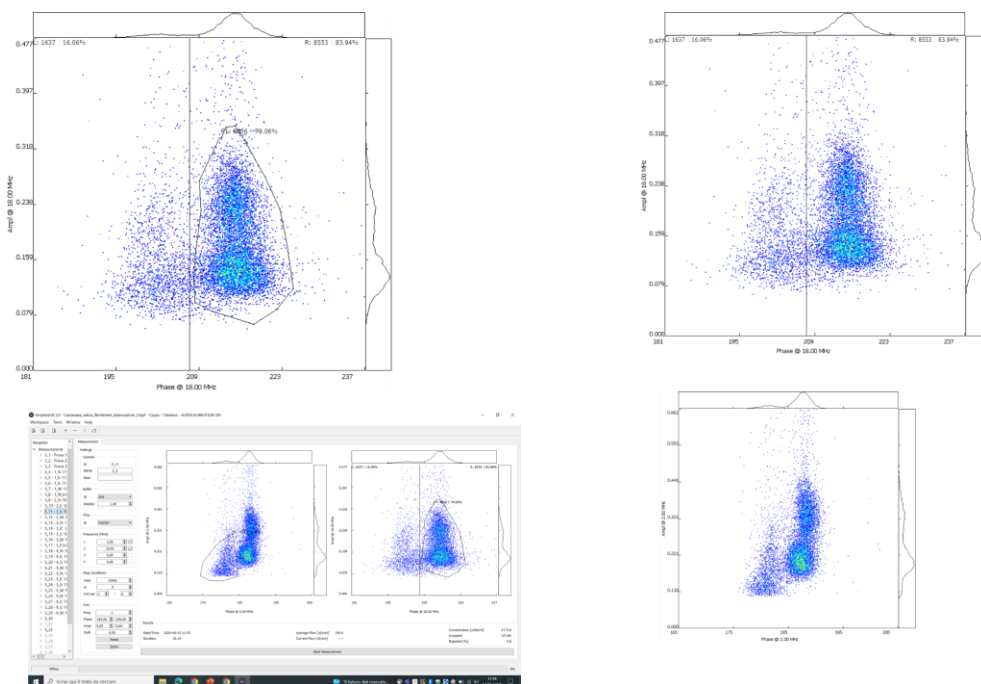


Fig.22: Dato restituito dallo strumento in fase di analisi. Il picco a destra di ogni figura rappresenta la quantità di pollini vitali presenti.

I risultati relativi all'elaborazione dei dati ottenuti dalla misura della vitalità pollinica sono riportati in Figura 23

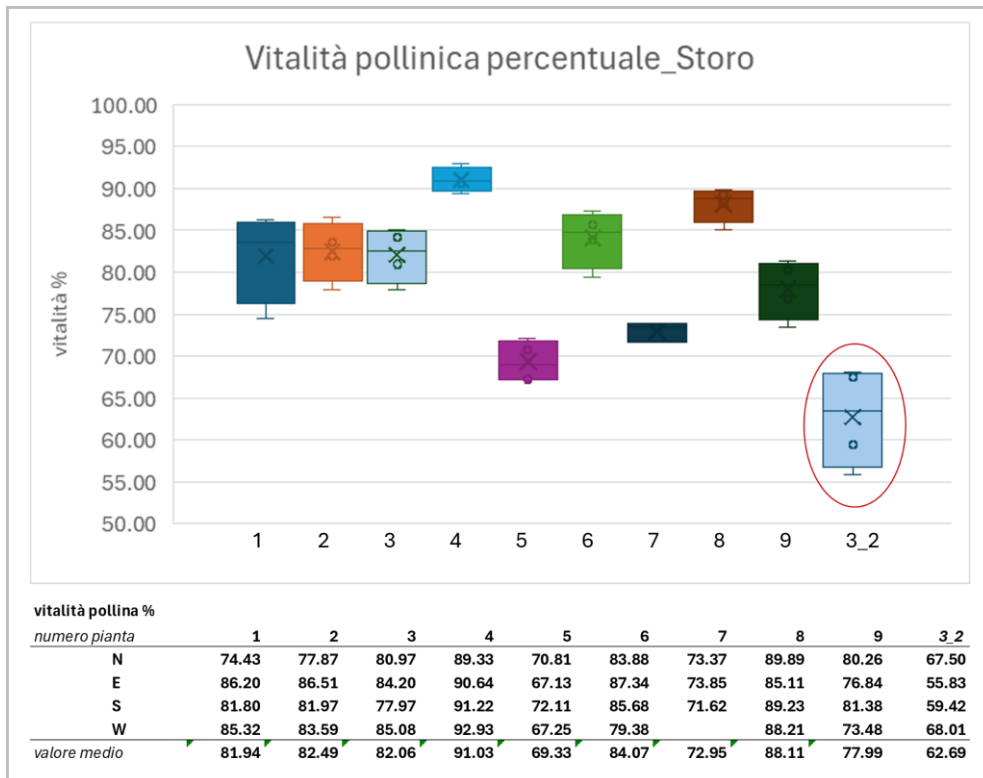


Fig.23: si riporta per ciascuna pianta il box-plot (min-max, quartili, media -x, mediana -linea) dei valori percentuali di vitalità raccolti nelle diverse esposizioni. I dati sono presentati in tabella. La pianta 3-2 indica una misura ripetuta per la pianta 3 a distanza di 10 gg.

Si evidenzia come la vitalità pollinica, misurata per 9 piante di selvatico nel campo sperimentale, presenti valori buoni con valore medio complessivo >80% (valore medio= 80.9 ; dev st.= 6.9). Solo tre piante presentano valori medi di vitalità percentuale inferiori all'80%, ma superiori al 69%.

Non vi sono differenze significative per i diversi quadranti di esposizione di raccolta degli amenti maschili (Anova one way, p=0.85).

Si osserva differenza tra la valutazione di vitalità in piena fioritura e dopo 10 giorni per la pianta 3 che mostra una significativa riduzione, come evidenziato in figura. La pianta 3 mostra in piena fioritura una vitalità percentuale media=82.06; che decresce dopo 10 giorni al valore di vitalità percentuale media =62.69; la differenza è significativa per T-test (p=0.0013)

La variabilità della vitalità pollinica nel tempo è un parametro da considerare per la compatibilità delle fasi fenologiche della fioritura tra piante selvatiche e piante accettrici.

Personale coinvolto: Luisa Palmieri, Giulio Perulli, Elena Gottardini, Fabiana Cristofolini

FASE 5: Le attività di disseminazione sono state le seguenti:

- Festival del Marrone del Chiese svoltosi a Storo il 13 ottobre 2024
- Festa della Noce di Cavarasto. Storo e Cavarasto, 9 novembre 2024.
- 78esima Mostra dell'Agricoltura. Trento, 15-16 marzo 2025
- Macfrut 2025: "Fabbisogni idrici e nutrizionali del castagno, occorre fare ancora ricerca". Meeting Area Castagno PAD. A1. Rimini, 7 maggio 2025.
- Presentazione progetto ad Evento: "Il castagno: custode di biodiversità". Tione, sede BIM, 17 giugno 2025.
- XV Giornate Scientifiche SOI. Pisa, 25-27 giugno 2025
- Articolo su Terra di Mach. Luglio 2025
- I International Symposium on Temperate Tree Nuts: from Agroecologically Sustainable to Organic Production- ISHS. Napoli, 23-25 agosto 2025
- Convegno MAB-Unesco, presentazione in campo ai delegati MAB. Storo, 16 ottobre 2025
- Autumnus. Trento, 17-18 ottobre 2025
- Articolo su rivista "Obstbau*weinbau / frutta e vite" in un numero speciale dedicato al Castagno e alla Castanicoltura. 2025, in stampa.
- Servizio Rai 3 Regionale

Personale coinvolto: Luisa Palmieri, Giulio Perulli, Elena Gottardini, Fabiana Cristofolini, Massimiliano Luzzani.

INTERVENTO 4: recupero e riuso scarti noce e castagno

Obiettivo dell'intervento: la valutazione di una possibile riduzione degli sprechi di produzione e lavorazione con conseguente creazione di nuove opportunità per valorizzare al massimo le risorse locali

Attività svolte da FEM

FASE 1: Sono stati recuperati scarti provenienti dal castagneto di Ricomassimo, e da alcuni noceti del Bleggio superiore per fare prove di estrazione. Per svolgere tale analisi sono state

sanguisorboate, indicativi di una maggiore diversità di tannini ellagici. Anche il legno di castagno presenta una quantità significativa (1555 mg/kg), mentre ricci e frutti risultano meno ricchi. Il mDP nei campioni di castagno varia da 1,0 a 3,7, con valori più alti nelle gemme, indicando una maggiore polimerizzazione dei tannini.

Nel complesso, gli scarti da potatura di castagno, in particolare le foglie, risultano più ricche di polifenoli e tannini ellagici. La maggiore presenza di tannini nelle foglie di castagno potrebbe essere indicazione di un'attività antimicrobica più marcata rispetto alla noce, poiché gli ellagitannini sono noti per la loro capacità di precipitare proteine batteriche, disorganizzare le membrane cellulari e complessare ioni metallici essenziali per la crescita microbica. La scelta di utilizzare foglie di castagno nelle successive prove antimicrobiche è dunque giustificata sia da criteri pratici (maggior disponibilità) sia da una base chimica, e permette di rappresentare in modo efficace l'attività dei sottoprodotti più facilmente valorizzabili.

Prove antibatteriche ed antifungine





Microorganismo	Tipo	Attività	Tipo	Note
 Lactococcus lactis lactis	batteri	Fermentazione di formaggi e prodottia base di latte	Benefici	Producono acido lattico e aromi essenziali per molti formaggi
Staphylococcus aureus	batteri	Contaminanti del latte e potenziali produttori di tossine	Pericolosi	Causano avvelenamento del cibo; sono in grado di contaminare il latte attraverso la mastite
Escherichia coli	batteri	Indicatore di contaminazione fecale	Potenzialment e pericolosi	Alcuni ceppi sono patogenici (es. O157); determinanti dell'igiene
 Brettanomyces bruxellensis	lieviti	Spesso determinante indesiderato dell'aroma del vino	Non rilevanti/non desiderati	Comuni nel vino/birra; sono considerati contaminanti nei prodotti caseari
Xanthomonas campestris	batteri	Patogeno di noce	Pericolosi per le piante	Effetti deleteri: caduta prematura dei frutti e lesioni sulla pianta
 Xanthomonas arboricola	batteri	Patogeno di piante	Pericolosi per le piante	E' una delle malattie più dannose per noce, può portare ad una perdita quasi del 100%
Colletotrichum sp.	fungo	Patogeno di piante	Pericolosi per le piante	Macchie scure, disseccamenti e marciumi
 Cryphonectria parasitica	Fungo/virus	Patogeno castagno	Pericoloso per il castagno	Cancro corticale
Gnomoniopsis castaneae	fungo	Patogeno castagno	Dannoso per il frutto	Marciume del frutto

Fig. 1: Possibili batteri o patogeni individuati come target per l'analisi di efficacia degli estratti

Alcuni estratti caratterizzati nella fase precedente sono stati utilizzati per le prove antimicrobiche ed antifungine su alcuni batteri utili o dannosi e su alcuni funghi patogeni di castagno e noce (Fig.1)

Per la valutazione dell'attività antimicrobica degli estratti polifenolici ottenuti da foglie di castagno è stato impiegato un metodo di diffusione in pozzetto (well diffusion assay) (Fig.2 e Fig.3). Gli estratti sono stati preparati utilizzando una miscela acetone:acqua (70:30, v/v), in rapporto 2,5 g di matrice per 10 mL di solvente. Dopo agitazione e filtrazione, gli estratti grezzi sono stati testati senza ulteriore purificazione. Il test è stato eseguito spatolando le sospensioni microbiche, contro cui si voleva testare l'attività antimicrobica, su Nutrient Agar e successivamente perforando con pozzetti (diametro 6 mm) nei quali sono stati depositati aliquote da 50 μ L di ciascun estratto. Le piastre sono state incubate a 37 °C per 24–48 h per i batteri e a **28 °C per 72 h** per il lievito *Brettanomyces bruxellensis*. L'attività antimicrobica è stata valutata misurando il diametro dell'alone di inibizione (mm) attorno al pozzetto. Valori inferiori a 1 mm sono stati considerati assenza di attività, mentre valori \geq 2 mm sono indicativi di sensibilità del microrganismo. Tutte le prove sono state eseguite in duplicato, e i risultati sono espressi come media \pm DS. In estrema sintesi SE l'estratto funziona, il battere NON cresce intorno al pozzetto. Maggiore è il diametro dell'alone trasparente (assenza di crescita batterica) e maggiore è la capacità antimicrobica verso quel microrganismo.

Risultati attività antibatterica e antifungina

I risultati ottenuti mostrano che l'estratto da foglie di potatura di castagno (*Castanea sativa*) ha mostrato **l'attività più marcata**, con aloni di inibizione pari a 6 mm contro *Staphylococcus aureus*, e 8,5 mm contro *Brettanomyces bruxellensis*. Questi dati indicano un'elevata efficacia nei confronti di Gram positivi e lieviti, coerente con la presenza di tannini ellagici e polifenoli noti per la loro capacità di denaturare proteine di membrana e interferire con enzimi extracellulari.

Abbiamo testato anche estratto di mallo verde di noce (*Juglans regia*) che ha mostrato un'attività moderata, con aloni di 5,5 mm contro *Brettanomyces bruxellensis* e fino a 3 mm verso *Xanthomonas campestris*. Ciò suggerisce un'azione selettiva probabilmente legata alla

diversa composizione fenolica del mallo, meno ricca di ellagitannini. Nel complesso, si osserva che gli estratti a base di foglie di castagno risultano i più efficaci, in particolare contro batteri Gram positivi e lieviti, mentre l'attività verso Gram negativi (*E. coli*, *Xanthomonas spp.*) è molto limitata. Questo comportamento è coerente con la letteratura, secondo cui le pareti cellulari dei Gram negativi ostacolano la penetrazione dei polifenoli ad alto peso molecolare.

I risultati supportano dunque la potenzialità dei sottoprodotti di castagno come fonte sostenibile di composti antimicrobici naturali, in particolare per applicazioni in ambito alimentare o cosmetico, dove l'inibizione di batteri Gram positivi e lieviti contaminanti è rilevante.

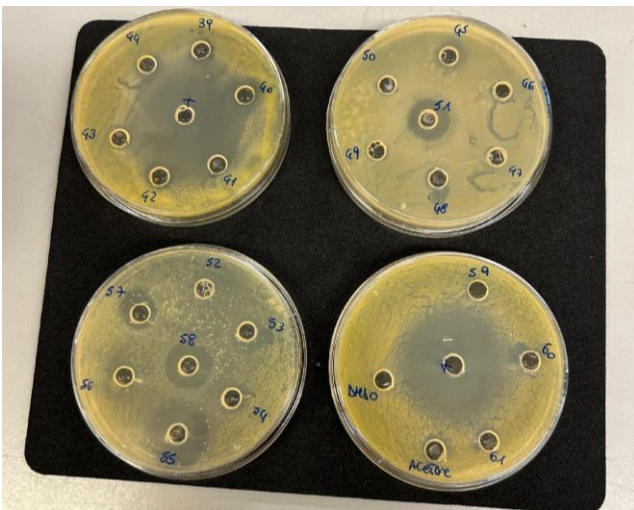


Fig.2: Panoramica generale di tutte le prove fatte con i diversi estratti (mallo noce, foglie noce e castagno, frutti, legno) per valutare l'effetto antimicrobico

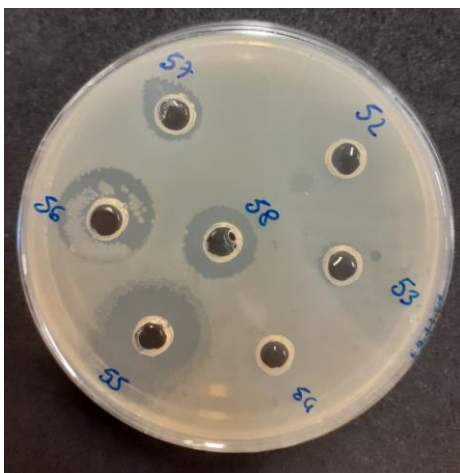


Fig.3: Prove di efficacia con estratto da mallo di noce e foglia di castagno

In collaborazione con il Politecnico delle Marche è stata fatta una prima prova di efficacia degli estratti su patogeni fungini di noce e castagno. Da questa prima prova è stata evidenziata una possibile efficacia (Fig.4). Ma ulteriori prove in vitro e vivo saranno necessarie per confermare questo primo risultato.

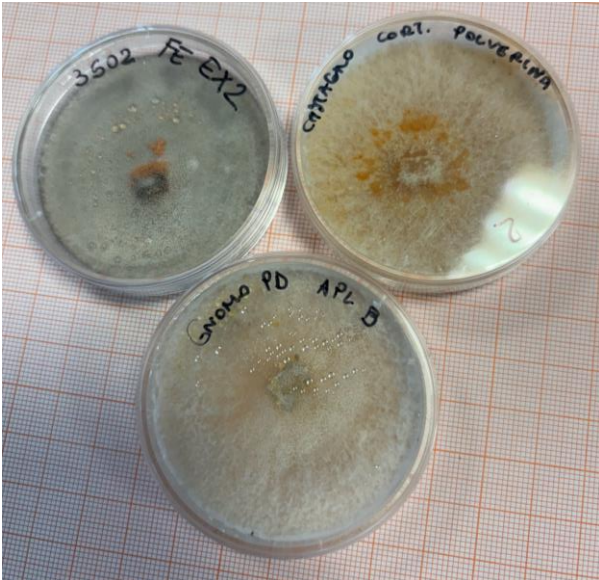


Fig.4:prove efficacia estratti su *Cryphonectria parasitica* -> Piastra numero 1, *Gnomoniopsis castanea* -> Piastra numero 2, *Colletotrichum* sp. -> Piastra numero 3

Personale coinvolto: Elena Franciosi, Luisa Palmieri, Andrea Angeli, Erica di Pierro, Valeria Gualandri, Enrico Grazzi, Sergio Murolo

FASE 5: I primi dati di metabolomica sono stati elaborati attraverso test statistici.

Personale coinvolto: Elena Franciosi

FASE 7: Le attività di disseminazione sono state le seguenti:

- Festival del Marrone del Chiese svoltosi a Storo il 13 ottobre 2024
- Festa della Noce di Cavarasto. Storo e Cavarasto, 9 novembre 2024.
- 78esima Mostra dell'Agricoltura. Trento, 15-16 marzo 2025
- Presentazione progetto ad Evento: "Il castagno: custode di biodiversità". Tione, sede BIM, 17 giugno 2025.
- XV Giornate Scientifiche SOI. Pisa, 25-27 giugno 2025

- Articolo su Terra di Mach. Luglio 2025
- I International Symposium on Temperate Tree Nuts: from Agroecologically Sustainable to Organic Production- ISHS. Napoli, 23-25 agosto 2025

Personale coinvolto: Luisa Palmieri, Elena Franciosi, Erica di Pierro, Valeria Gualandri, Enrico Grazzi

CONCLUSIONI GENERALI E POSSIBILI INDICAZIONI

Date le attività di ricerca e sperimentazione svolte durante quest'anno di progetto possiamo affermare di aver raggiunto i diversi obiettivi che ci eravamo posti grazie al completamento delle diverse fasi che erano state concordate nell'Allegato A.1.

Grazie alla gentile collaborazione con l'Ufficio Comunicazione della FEM ed in particolare grazie alla Dott. Castellani è stato possibile sviluppare un logo "*ad hoc*" per il progetto che è riportato all'inizio di questo documento.

E' stata ricercata quanto più possibile la collaborazione con i nocicoltori e castanicoltori coinvolti nel progetto al fine di assecondare le esigenze del territorio stesso e dei diversi attori della filiera.

E' stata ricercata anche la collaborazione con i diversi membri della Riserva di Biosfera MAB-Unesco Alpi Ledrensi e Judicaria, al fine di svolgere una consistente attività di divulgazione sul territorio stesso ma anche in eventi nazionali ed internazionali. Tale attività è stata di aiuto per creare rete con altre realtà e per essere il trampolino di lancio per altre proposte progettuali alcune delle quali hanno ottenuto finanziamento.

L'attività di ricerca condotta nell'ambito dell'intervento 1, mirato a comprendere il processo di maturazione della noce e dei tempi ottimali per la raccolta, ha permesso di caratterizzare in via preliminare le principali modificazioni fisiche dell'intero frutto nel suo complesso, a partire dalle modificazioni strutturali del mallo, del tessuto interno che si differenzia dal guscio fino alla maturazione completa del gheriglio. Nel Bleggio Superiore, durante la stagione 2024, entrambe le varietà, Bleggiana e Lara, hanno evidenziato una buona sincronia tra le modificazioni del mallo e la maturazione del gheriglio. Questo comportamento conferma, in

tale contesto ambientale, la validità dell'approccio standard che prevede di attendere una smallatura spontanea intorno al 90% come parametro di riferimento per individuare il momento ottimale di raccolta. Pertanto, per il 2024, la finestra ottimale di raccolta è stata stimata tra 145 e 150 DAF, sulla base della progressione del PTB e della smallabilità spontanea, in buona concordanza con il periodo effettivo di raccolta del produttore. È importante notare tuttavia, che i dati raccolti confermano l'incremento delle alterazioni del gheriglio al permanere delle noci sulla pianta, suggerendo che un anticipo di anche solo una settimana nella raccolta può contribuire a preservare una maggiore qualità del prodotto. È fondamentale, perciò, tenere in considerazione un altro aspetto emerso dall'indagine: la modificazione del tessuto del mallo, e quindi la predisposizione alla smallatura, potrebbe essere maggiormente influenzata dalla stagionalità e dalle condizioni ambientali dell'annata, piuttosto che dal numero assoluto di giorni trascorsi dalla fioritura. Infine, misurazioni non distruttive e applicabili direttamente in campo, quale DA-meter® e misurazione del calibro del mallo, potrebbero rappresentare un supporto utile nelle decisioni operative per migliorare la gestione della raccolta. Tuttavia, per consolidare questi risultati preliminari è fondamentale ripetere l'indagine su più anni e identificare un indice quantitativo di riferimento, come ad esempio un valore soglia specifico di ΔA del DA-meter®, che consenta un monitoraggio indiretto del completamento del PTB interno. In questo contesto, ulteriori indagini sull'influenza delle condizioni climatiche e agronomiche dell'annata sul processo di maturazione risulterebbero utili per approfondire la comprensione dei fattori che ne regolano l'evoluzione. Ciò consentirebbe di affinare ulteriormente le indicazioni sul momento ottimale di raccolta, rendendole più precise e adattabili alle variabilità stagionali.

Nell'ambito dell'intervento 2, la ricerca ha mirato a caratterizzare le due principali patologie del noce in Trentino: antracnosi e batteriosi. L'analisi di diversi tessuti (foglie, legno, gemme, lettiera e frutti mummificati) e di noci sintomatiche, raccolti in vari impianti del Bleggio Superiore in momenti diversi, ha evidenziato *Colletotrichum* come principale agente eziologico dell'antracnosi nelle aree indagate. Non sono state invece trovate evidenze della presenza di *Gnomonia leptostyla*. In entrambi gli anni *Colletotrichum* spp. è stato isolato in diverse parti della pianta in diversi momenti durante l'anno, fatta eccezione per agosto in cui sembra non essere presente. Sono stati ottenuti diversi isolati del genere *Colletotrichum* evidenziando un'ampia diffusione del patogeno, sia in termini di aree geografiche che di luoghi di svernamento. Dalla prova di suscettibilità è emerso che tutte le varietà sono sensibili a

Colletotrichum spp. La specie *C. fioriniae* risulta essere la più aggressiva tra i quattro osservati, seguita da *C. nymphaeae*. Blegette si è mostrata una varietà particolarmente sensibile all'infezione. Infine *C. godetiae* sembra essere il ceppo meno aggressivo pur mostrando la varietà Lara ha un'incidenza di danno di classe >1 su frutti significativa da quest'ultimo. I risultati finora ottenuti possono costituire un valido punto di partenza per una comprensione più approfondita dell'eziologia della malattia dell'antracnosi e per lo sviluppo di strategie di gestione efficaci.

Xanthomonas spp. conferma la sua presenza su tessuti sintomatici, tuttavia in maniera variabile e discontinua. Grazie al lavoro di caratterizzazione genetica è stato possibile determinare la presenza di 3 diverse specie di *Xanthomonas*, la più frequente è risultata essere *X. campestris*. Questo lascia intendere che *X. campestris* può essere la specie meglio adattata al noce tra le tre. Inoltre, la variabilità riscontrata tra queste specie batteriche può essere indice di una diversa risposta alla gestione fitosanitaria del noceto. Questo può essere lo spunto per un approfondimento ulteriore in quest'ottica.

L'attività di determinazione del fabbisogno idrico e nutrizionale del castagno per una gestione efficiente e sostenibile del castagneto ha messo in evidenza come la raccolta di dati biometrici, nutrizionali ed ambientali ci permettano di comprendere meglio la natura fisiologica/agronomica di questa specie, ancora poco conosciuta. L'analisi nutrizionale ha confermato un'ottimale disponibilità di azoto e di altri macroelementi da parte delle piante, offrendo inoltre un riferimento temporale prezioso per una opportuna diagnostica fogliare e per comprendere le richieste in macro e microelementi da parte dei singoli organi nelle principali fasi fenologiche del castagno. Tali risultati, seppure preliminari, forniscono indicazioni fondamentali per una gestione della nutrizione del castagno precisa e razionale. Grazie all'utilizzo della biosensoristica accoppiata ai campionamenti biometrici, effettuati durante l'intero ciclo vegetativo, è stato possibile evidenziare l'effetto positivo dell'umidità dell'aria sul peso fresco del riccio e del frutto, risultato che ci permette di confermare osservazioni fatte in precedenza sull'effetto positivo del microclima (es. umidità relativa dell'aria) sullo sviluppo dei ricci. Purtroppo, a causa della stagione particolarmente piovosa, soprattutto nei mesi estivi, non è stato possibile svolgere studi approfonditi sullo stress idrico. Tale attività sarà svolta comunque nei prossimi 3 anni grazie all'impianto presente nel castagneto di Storo e a finanziamenti ottenuti grazie ad un progetto di Filiera del Masaf che è

stato finanziato alla FEM. Inoltre, poichè la stagione castanicola e, quindi, anche l'attività di campionamento sono terminate a metà ottobre, tempo ulteriore sarà necessario per elaborare l'elevata mole di dati ambientali (meteorologici, edafici), fisiologici e nutrizionali ottenuti grazie a questa sperimentazione; tutto ciò per poter mettere in relazione ed ottenere ulteriori indicazioni utili ad una gestione efficiente del castagneto.

Scarse sono ad oggi le conoscenze sul polline di castagno e sull'impollinazione. Sappiamo per certo che il marrone è una specie duo-dicogama per cui fiorisce prima il maschio del marrone, poi la femmina del marrone e quindi il maschio del selvatico che sarà poi il vero impollinatore. Da tale considerazione è nata la necessità di capire quale possa essere il momento di massima vitalità pollinica del putativo impollinatore, attività svolta con successo grazie alle tecnologie all'avanguardia e alle conoscenze scientifiche presenti presso l'Unità di Botanica Ambientale della FEM. Sui campioni raccolti ulteriori analisi di paternità genetica saranno necessarie per identificare con maggiore sicurezza l'impollinatore e ulteriori saranno necessarie al fine di quantificare la biodiversità pollinica presente nel castagneto, fattore che potrebbe influenzare l'efficienza di impollinazione.

Infine in un'ottica di economia circolare e sostenibilità sono stati individuati e quantificati alcuni composti, nella fattispecie polifenoli e tannini, in grado di procurare un effetto antibatterico o antifungino in collaborazione con la Piattaforma di Biotecnologie delle Fermentazioni di FEM. Nel caso di castagno maggiore efficacia è stata rilevata per estratti da foglie di castagno contro *Staphylococcus aureus* e *Brettanomyces bruxellensis*, mentre per noce maggiore efficienza è stata rilevata per estratti da mallo di noce nei confronti di *Brettanomyces bruxellensis* e *Xanthomonas campestris*. Risultati molto preliminari di efficacia sono stati ottenuti anche con estratti da foglia di castagno contro funghi di patogeni. Anche in questo campo analisi più approfondite in vitro e in vivo saranno necessarie. L'utilizzo finale di tali composti potrebbe essere per la produzione di fitofarmaci o nella filiera casearia.

Infine un'importante e puntuale attività di rendicontazione svolta dalla Dott. Paternoster e dall'amministrazione della FEM è stata fondamentale per supportare l'attività dei ricercatori e sgravarli dalla gestione della parte economica e burocratica del progetto stesso, al fine di poter portare a termine il progetto Canossa secondo le regole e le tempistiche concordate dai diversi attori coinvolti.

Si ringrazia: il personale FEM coinvolto; il Dott. Giulio Perulli e il Dott. Sergio Murolo per l'attività svolta e la consulenza scientifica; Massimiliano Luzzani e Gilberto Zucchelli per la passione in castanicoltura e la disponibilità dimostrati; La Confraternita della Noce del Bleggio e Marco Brochetti per il supporto, il costante confronto e la disponibilità nelle attività di ricerca sul noce; Il Consorzio dei Comuni BIM Sarca-Mincio-Garda e la Riserva di Biosfera UNESCO Alpi Ledrensi e Judicaria nelle figure del Ing. Gianfranco Pederzolli, del Dott. Stefano Zanoni e del Dott. Tommaso Beltrami; Agri 90 e CO.P.A.G in quanto co-finanziatori.

San Michele All'Adige, 30.10.2025

La responsabile scientifica di progetto

Dott. Luisa Palmieri

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luisa Palmieri', with a long horizontal stroke extending to the right.