DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI ED AMBIENTALI

IL CONTROLLO DEL MAL DELL'INCHIOSTRO DEL CASTAGNO: PRIMI RISULTATI

"Control of chestnut ink disease: first results"

TIPO TESI: Sperimentale

Studente:
Pietro Turchi

Relatore:
PROF. SERGIO MUROLO

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Dedico la tesi alla mia famiglia,
alla mia ragazza e ai miei amici;
alle persone che mi vogliono bene
e soprattutto ai miei nonni.

SOMMARIO

RIASSUNTO 5

ABSTRACT 6

1. INTRODUZIONE 7

1.1 TASSONOMIA E MORFOLOGIA DEL CASTAGNO 7

1.2. CASTANICOLTURA IN ITALIA E NELLA REGIONE MARCHE 9

1.3 PRINCIPALI PROBLEMATICHE FITOSANITARIE DEL CASTAGNO 11

1.3.3. PRINCIPALI MALATTIE FUNGINEE DEL CASTAGNO 12

2. MAL DELL'INCHIOSTRO DEL CASTAGNO 16

2.1 CENNI STORICI E BREVE DESCRIZIONE 16

2.2 CICLO BIOLOGICO 17

2.3 SINTOMATOLOGIA 19

2.3.1 SINTOMI ASPECIFICI 19

2.3.2 SINTOMI SPECIFICI 20

2.4 DIFFUSIONE DELLA MALATTIA 21

2.5 METODI DI LOTTA 21

3 OBBIETTIVI 23

4 MATERIALI E METODI 24

4.1 SITI DI INDAGINE 24

4.3 SCHEMA SPERIMENTALE E PRODOTTI UTILIZZATI 25

4.5 RILIEVO FITOSANITARIO 29

5 RISULTATI E DISCUSSIONE 31

5.1 CASTAGNETO DI MONTEMONACO (FRAZ. ALTINO) 33

5.1.1 SITUAZIONE FITOSANITARIA ANNO 2022 33

5.1.3 CONFRONTO TRA SITUAZIONE FITOSANITARIA PRE- E POST-TRATTAMENTO PRESSO CASTAGNETO DI MONTEMONACO (FRAZ. ALTINO) 36

5.2 CASTAGNETO DI ACQUASANTA TERME (FRAZ. POZZA) 39

5.2.1 SITUAZIONE FITOSANITARIA ANNO 2022 39

5.2.2 SITUAZIONE FITOSANITARIA ANNO 2023 39

5.2.3 CONFRONTO TRA SITUAZIONE FITOSANITARIA PRE- E POST-TRATTAMENTO PRESSO CASTAGNETO DI ACQUASANTA TERME 40

6 CONCLUSIONI 43

7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA 44

RIASSUNTO

Nelle Marche la diffusione del castagno è concentrata nella provincia di Ascoli Piceno, questa magnifica pianta è soggetta ad attacchi di numerosi patogeni, per lo più di origine fungina, in grado di causare gravi danni in tutti gli organi della pianta sia ipogei che epigei. Il mal dell'inchiostro del castagno è la seconda malattia più diffusa e pericolosa a carico del castagno, è originaria del Nord America e ampiamente diffusa nelle Marche. L'organismo responsabile è Phythophthora *spp.*, *un oomicete*, *che attacca gli apparati radicali determinando grosse ripercussioni sulla vitalità e produzioni delle piante. Obiettivo della presente ricerca è stato quello di verificare se l'apporto di sostanza organica, sottoforma di tre concimi organici, a inizio primavera possa contenere o mitigare i sintomi di mal dell'inchiostro sulle piante infette. Le prove sono state svolte in due castagneti da frutto localizzati a Pozza di Acquasanta Terme e ad Altino di Montemonaco in provincia di Ascoli Piceno. I risultati indicano che l'uso di Microforce, Microlife e Pollinamatura, prima della ripresa vegetativa, ha mantenuto uno stato fitosanitario stabile nei castagneti oggetto dello studio. Non sono stati osservati peggioramenti evidenti né differenze significative nell'efficacia tra i tre prodotti utilizzati. È importante sottolineare che un solo anno di sperimentazione non permette di trarre conclusioni definitive, ma la letteratura scientifica suggerisce che la sostanza organica ha un ruolo fondamentale nel suolo soprattutto nell'attivare comunità microbiche che potrebbero avere un ruolo importante nella repressività dei suoli contro gli agenti di mal dell'inchiostro del castagno. Questa attività fa parte del Progetto INKAS, un progetto che continuerà nei prossimi anni. Alla conclusione del progetto, combinando i risultati ottenuti dalle diverse azioni previste, si spera di ottenere importanti risultati e suggerimenti pratici per contrastare questa diffusa malattia che sta colpendo le Marche.*

ABSTRACT

In Marche region, the distribution of chestnut tree is concentrated mainly in the province of Ascoli Piceno. This magnificent plant is subject to attacks by numerous pathogens, mostly of fungal origin, capable of causing serious damage to all the plant's organs, both hypogean and epigeal. Chestnut ink disease is the second most widespread and dangerous disease affecting the chestnut tree, originating in North America, and widely spread in Marche region. The organism responsible for this is Phythophthora spp., an oomycete that attacks the root systems, causing major repercussions on both plant vitality and production. The aim of this research was to test whether the supply of organic matter in the form of XX organic fertilisers applied in early spring can mitigate the symptoms of ink disease and create a response on infected plants. The experiments were carried out in two chestnut groves located in Pozza di Acquasanta Terme and Altino di Montemonaco in the province of Ascoli Piceno. The results indicate that the use of Microforce, Microlife and Pollinamatura, before the vegetative regrowth, maintained a stable phytosanitary condition in the studied chestnut orchards. No significant deterioration or differences in effectiveness were observed among the three products used. It is important to note that drawing definitive conclusions from just one year of experimentation is not possible, but scientific literature suggests that organic matter has a fundamental role in the soil especially in activating microbial communities which could have an important role in the repressiveness of soils against chestnut ink disease agents. This activity is part of the INKAS Project, a project that will continue in the coming years. At the conclusion of the project, by combining the results obtained from the various planned actions, it is hoped to achieve significant outcomes and practical recommendations to combat this widespread disease affecting the Marche region.

1. INTRODUZIONE

1.1 TASSONOMIA E MORFOLOGIA DEL CASTAGNO

Il castagno europeo (*Castanea sativa*) è un grande albero deciduo e molto longevo appartenente alla famiglia delle *Fagaceae* (Raimondi, 2019), raggiunge i 15/20 metri di altezza e una circonferenza di 5/6 metri alla base. La corteccia negli esemplari giovani si presenta liscia e brillante, di color olivastro e può presentare lenticelle trasversali. Dopo circa 15 anni troviamo una corteccia di un colore grigio-bruno e con il passare del tempo compaiono screpolature longitudinali profonde e ben visibili (Bounous, 2002).

Le foglie (Fig. 1A) caduche sono alternate a contorno ellittico-lanceolato con margine seghettato, la base è cuneato-arrotondata e il picciolo è lungo circa 1,5-2,5 cm; la pagina superiore della foglia è lucida, liscia e di un verde intenso con nervature ben evidenti, mentre la pagina inferiore è opaca e di un verde più chiaro (Raimondi, 2019). La consistenza è coriacea e raggiungono circa i 8-10 cm in lunghezza e 3-4 cm in larghezza.

Le infiorescenze (Fig. 1C) raggiungono 15 cm di lunghezza e sono formate da fiori unisessuali, monogami e poligami; il fiore maschile ha un perianzio esamero (6 parti) con 6-12 stami lunghi e sottili che emanano un caratteristico forte odore di trimetilammina. I fiori femminili o pistilliferi sono meno numerosi, possono essere solitari o uniti in aggregati, in numero di 3 fino a 7 e localizzati alla base dei fiori maschili (Bounous, 2002). L'infiorescenza femminile si presenta protetta da un involucro verde squamoso, esso si trasformerà poi nella cupola che conosciamo tutti come riccio (Fig. 1B). Quest'ultimo rappresenta il frutto e ha un colore variabile, inizialmente verde, mentre a maturità tende al giallo ed infine al marrone. Nel suo sviluppo, il fiore del castagno è in una prima fase normalmente bisessuale, ma successivamente, nei fiori maschili l'ovario arresta il suo sviluppo e nei fiori femminili gli stami non raggiungono la maturità, per questo motivo le cultivar da frutto necessitano di un apporto di polline da parte di altre piante con fiori maschili. Se non si agisce in questo modo, l'impollinazione non avverrà e i ricci risulteranno vuoti (guscioni). La castagna è un achenio, ha pericarpo liscio e coriaceo bruno scuro, all'apice è presente la cosiddetta torcia, ovvero i resti degli stili, mentre alla base è presente una cicatrice più chiara denominata ileo. La forma dei frutti dipende, oltre che dalla varietà delle castagne, anche dal numero e dalla posizione che essi occupano all'interno del riccio: emisferica per i frutti laterali e schiacciata per quello centrale. L'achenio è più o meno dolce ed è edule, da cui l'epiteto specifico "sativa" come anche il sinonimo "vesca" fanno riferimento all'appetibilità del frutto (Propetto, 2007).

Il castagno dall'antichità fino agli anni '50 veniva ampliamente coltivato, in quanto per le popolazioni che vivevano nelle zone montane rappresentava la base dell'alimentazione; dal frutto, che può essere consumato sia crudo che cotto (caldarroste se cotte sul fuoco), si ricava la farina a seguito di una disidratazione e una macinatura. Il castagno, infatti, fa parte delle piante dette "farinacee" ovvero una classe accumunata non da caratteristiche botaniche ma dalla possibilità di ricavarne farina (Bounous, 2002). Per quanto riguarda il frutto abbiamo una differenziazione tra marroni e castagne: i primi sono frutti di un ibrido coltivato, derivato dall'innesto di varie specie di castagni. Sono tondeggianti e più saporiti e hanno una pellicola più facile da rimuovere. All'interno del riccio non se ne trovano più di tre elementi (Raimondi 2019). Mentre le castagne sono il frutto della pianta selvatica, sono più piccole e presentano una forma schiacciata. All'interno di un riccio è possibile trovare fino a sette castagne. Allo stesso tempo, sono meno saporite e hanno una pellicola più difficile da rimuovere (Raimondi, 2019).

Il castagno, forma un legno a porosità anulare, mediamente pesante, compatto ed elastico, nettamente differenziato in alburno chiaro, giallognolo e durame più scuro. Tutto il fusto è impregnato di tannino, mentre i rami soprattutto quelli giovani ne contengono molto meno. Il tannino è un conservante naturale, che rende il legno molto durevole agli agenti atmosferici e agli attacchi biotici. Il tannino viene estratto per la concia delle pelli ed altre applicazioni (Propetto, 2007). Il legno di castagno è particolarmente apprezzato e richiesto per mobili, travature, infissi e per le doghe delle botti, anche se può presentare dei difetti rappresentati dalla cipollatura (la cipollatura è il distacco lungo la fibratura di due anelli annuali di accrescimento, nel caso del castagno questo fenomeno è dovuto principalmente alla genetica) (Chanson *et al*. 1989).

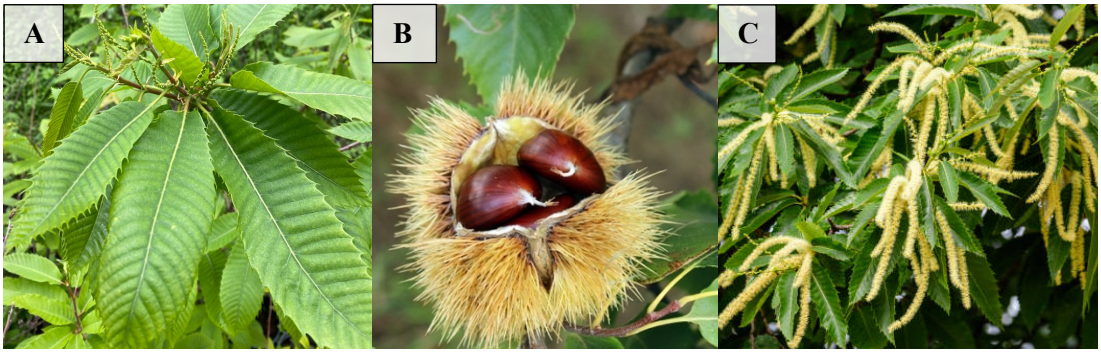


Figura 1 – (A) Foglia, (B) riccio in autunno ed (C) infiorescenza

1.2. CASTANICOLTURA IN ITALIA E NELLA REGIONE MARCHE

In Italia, il castagno è presente nelle regioni montuose temperate e temperato-calde ed è coltivato fra i 300 e i 1000-1200 metri sul livello del mare, in funzione della latitudine e delle caratteristiche climatiche delle singole zone castanicole (Ferrini e Nicese, 2022).



Figura 2 - Areale di distribuzione del castagno in Italia

Sebbene sia considerato una pianta eminentemente eliofila, predilige esposizioni a N-NE, poiché meno soggette a periodi siccitosi estivi e con minori escursioni termiche sia invernali, sia fra le differenti stagioni (Ferrini e Nicese, 2022). In rapporto alle precipitazioni, il castagno, specie mesofila, vive di norma in stazioni con una media annua compresa fra i 600 ed i 1600 mm e una media nei tre mesi estivi di almeno 30 mm, al di sotto della quale la produzione può essere fortemente ridotta. Il castagno è una specie mesotermica, atta a vivere in tutte quelle zone caratterizzate da una temperatura media annua compresa fra +8°C e +15°C e da una temperatura media mensile superiore a +10°C per almeno sei mesi. Per quanto riguarda le temperature invernali, può sopportare benissimo fino a -20° C, mentre intorno ai -25°C iniziano i primi danni da freddo (Ferrini e Nicese, 2022).

Relativamente al suolo, il castagno ha esigenze particolari e precise che limitano la possibilità di coltivazione: il pH non dovrebbe essere superiore a 6.5 ed è sfavorito in quei suoli con presenza di calcare attivo e scarsamente drenanti, dove più frequenti sono i problemi

fitosanitari. La sensibilità al pH sembra, tuttavia, inferiore nei terreni ricchi di potassio, fosforo e nelle zone molto piovose (Ferrini e Nicese, 2022).

L'Inventario Nazionale delle Foreste del 2005 mostra che in Italia il castagno copre 788.000 ettari (Fig. 2), pari al 7,5% della superficie forestale e al 2,6% di quella territoriale. La superficie castanicola è costituita per il 19% da castagneti da frutto e selve castanili, per il 75% da cedui da legno, e il restante da altre tipologie da legno. La castanicoltura da frutto italiana affronta una crisi lenta ma costante, sia nel mercato interno che in quello internazionale. Dal 1970 al 2007, si è registrata una drastica diminuzione del numero di aziende agricole e della superficie investita in castagneti da frutto (Castellotti, 2011). Le aziende castanicole sono di piccola-media dimensione e soffrono di diversi problemi strutturali che limitano lo sviluppo competitivo del settore. Tra i problemi affrontati da questa coltura, si trovano la crescente senilizzazione, il basso livello di istruzione dei conduttori e il basso livello di diversificazione dell'attività aziendale. Oltre il 70% dei castagni si trova a quote superiori ai 500 metri, e lo spopolamento di molte aree montane ha portato a pratiche agricole tipiche delle aziende di montagna. Dal punto di vista fitosanitario, molti castagni sono soggetti a malattie difficili da combattere, come il cancro corticale e il mal dell'inchiostro. Anche la presenza di insetti parassiti, come il balanino, la cidie (*Cydia splendana*) e il cinipide galligeno, danneggia la vegetazione e la fruttificazione delle piante, mettendo a dura prova la produzione castanicola italiana.

La castanicoltura nelle Marche ha una lunga tradizione che risale al Medioevo; questa regione è caratterizzata da paesaggi collinari e montuosi, ideali per la coltivazione di questo frutto, difatti è particolarmente diffusa nelle zone dell'Appennino marchigiano, in particolare nelle province di Ascoli Piceno, Macerata e Pesaro-Urbino. Qui si trovano molti castagneti che producono castagne di alta qualità, apprezzate sia per il gusto che per le proprietà nutrizionali. Le castagne marchigiane sono utilizzate fresche, ma soprattutto nella cucina locale, per preparare dolci come il castagnaccio o la crostata di castagne, ma anche piatti salati come la zuppa e le tagliatelle con le castagne. Nelle Marche esiste anche una tradizione di lavorazione artigianale del frutto che vengono utilizzate anche per la produzione di miele e liquori. La produzione di castagne e marroni nella provincia di Ascoli Piceno è concentrata nei comuni di Acquasanta Terme, Arquata del Tronto, Montegallo, Montemonaco, Roccafluvione dove è presente il 90% della superficie castanicola regionale. Come riportato dall'Inventario Regionale, le superfici su cui è presente il castagno corrispondono a 4600 ettari, ovvero l'1,8% del totale della superficie forestale delle Marche, dove il castagneto da

frutto occupa una superficie di circa 1150 ettari, pari allo 0,4% della superficie boscata regionale (Inventario e Carta Forestale della Regione Marche – I.P.L.A., 2001).

La castanicoltura rappresenta un'attività importante per l'economia locale, che coinvolge molte famiglie e agricoltori. Grazie alla sua lunga tradizione e alla qualità dei prodotti, la castanicoltura picena rappresenta un patrimonio culturale e gastronomico della regione Marche e dell'intero territorio italiano.

La raccolta delle castagne avviene generalmente tra settembre e novembre, quando i frutti sono maturi. Oltre alla produzione di castagne, nella provincia di Ascoli Piceno esiste anche una tradizione di lavorazione artigianale del legno di castagno, utilizzata per la produzione di oggetti come panieri, ceste e mobili (Castellotti, 2011).

1.3 PRINCIPALI PROBLEMATICHE FITOSANITARIE DEL CASTAGNO

1.3.1. PRINCIPALI FITOFAGI DEL CASTAGNO

Il castagno è soggetto a numerose problematiche di tipo fitosanitario, tra le quali quelle determinate dagli insetti rivestono un'importanza notevole per i danni significativi inferti alle produzioni. Alcuni dei principali insetti che attaccano il castagno sono:

Cinipide galligeno del castagno: l'insetto *Dryocosmus kuriphilus* (Fig. 3A), è originario della Cina ed è stato introdotto in Europa alla fine degli anni '90. Il cinipide galligeno depone le uova sulle gemme del castagno, provocando la formazione di galle (Fig. 3B). Queste possono danneggiare gravemente le gemme e ridurre la produzione di frutti. Nel 2002 è stato introdotto un suo antagonista naturale, il *Torymus sinensis* (Fig. 3C), insetto parassitoide appartenente all'ordine degli Imenotteri. Il *Torymus* ha riportato sotto la soglia di danno la popolazione del cinipide galligeno, che ad oggi non è più considerato uno dei principali problemi del castagno (Apruzzese e Vai, 2013)

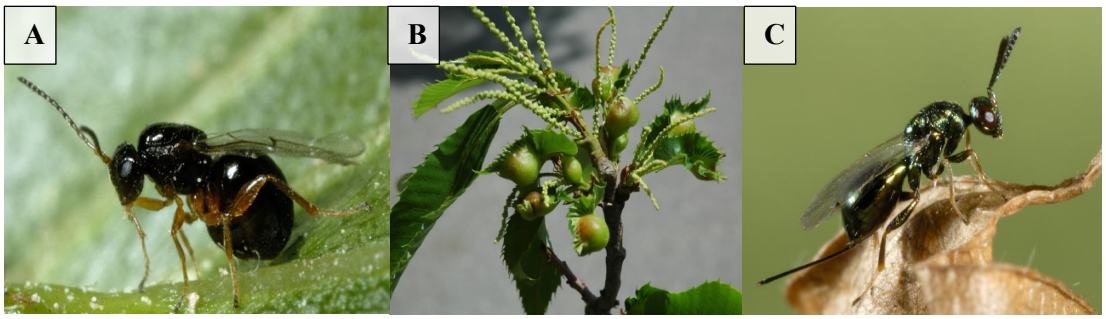


Figura 3 - (A) Femmina adulta di Dryocosmus kuriphilus, (B) galle formate dal cinipide, (C) femmina adulta di Torymus sinensis (https://gd.eppo.int/)

Tignola del castagno: *Cydia splendana*, è un insetto che si nutre dei frutti. Può causare danni significativi alla produzione di castagne, riducendo la quantità e la qualità dei frutti (Ferrari *et al*., 2006).

Coleottero del castagno: *Curculio elephas*, è un insetto che si nutre dei frutti. Può causare danni significativi alla produzione di castagne, provocando la caduta precoce dei frutti e riducendo la quantità e la qualità di questi (Sabbatini *et al.,* 2012)

Minatore del castagno*: Cameraria ohridella,* è un microlepidottero che depone le uova sulla pagina superiore delle foglie, da queste poi escono le larve che scavano gallerie (mine), lunghe fino a 4 centimetri. In certi casi più mine confluiscono fra loro facendo disseccare e cadere precocemente le foglie, nelle quali l'insetto sverna poi come crisalide. (Descha e Dimic, 1986).

1.3.3. PRINCIPALI MALATTIE FUNGINEE DEL CASTAGNO

Il castagno è soggetto all'attacco di diversi patogeni, quasi tutti di origine fungina e in grado di arrecare gravi danni alla pianta. Le malattie riscontrate su *Castanea sativa* interessano sia la parte epigea (fusto, rami, foglie e frutti) sia la parte ipogea ovvero l'apparato radicale.

Tra le malattie più frequentemente riscontrate ricordiamo il cancro corticale del castagno provocato dal fungo Ascomicete *Cryphonectria parasitica*. Il patogeno, di origine orientale, è stato identificato per la prima volta nel 1904 su *Castanea dentata* negli Stati Uniti, dove in poco meno di mezzo secolo ha provocato la distruzione di circa 40 milioni di ettari di questa specie. La prima segnalazione in Italia risale al 1938, quando il parassita venne ritrovato su *Castanea sativa* nell'entroterra ligure e attualmente il cancro corticale è presente in tutte le aree castanicole italiane, tanto che ormai l'agente patogeno può essere considerato naturalizzato nel nostro Paese (Turchetti *et al*., 2010).

Il fungo colpisce tutte le parti epigee della pianta a eccezione delle foglie. La *C. parasitica* penetra nei rami e nei polloni attraverso ferite di varia natura, anche piccoli traumi superficiali provocati dalla grandine o dal vento (Turchetti *et al*., 2010). Il micelio, che colonizza tessuti sottocorticali e del legno provoca aree depresse di colorazione rossastra, che poi si fessurano più o meno profondamente evolvendo in cancri sui quali si formano delle pustole rosso-aranciate, costituite dalle fruttificazioni del fungo (picnidi) (Fig. 4A). Sollevando la corteccia in corrispondenza delle zone colpite, si osservano i tessuti imbruniti. Il cancro interessa tutta la circonferenza del ramo o del pollone e rapidamente uccide la parte distale tanto che le foglie disseccate rimangono a lungo attaccate al ramo morto. Un altro sintomo tipico di questa malattia è l'emissione di un numero elevato di rami epicormici alla base del cancro. La diffusione del parassita avviene attraverso i conidi, di origine agamica e le

ascospore, di derivazione sessuata. I primi, contenuti in picnidi ed inglobati nei cirri da una sostanza vischiosa, vengono liberati e provvedono alla diffusione del patogeno. Le seconde si formano invece all'interno dei periteci e dopo la loro espulsione possono essere trasportate anche a notevole distanza dal vento. I principali vettori della malattia possono essere: l'acqua piovana, il vento, gli animali come insetti, uccelli e mammiferi compreso lo stesso uomo.
In natura *C. parasitica* è in grado di colpire altre specie arboree quali *Quercus sp., Alnus sp., Ostrya sp*., ecc., sulle quali sono stati isolati soltanto ceppi virulenti. Queste piante, nei boschi misti, possono costituire dei focolai delle infezioni più dannose (Turchetti *et al*., 2010).

Oltre all'andamento sopra descritto, l'attacco della *C. parasitica* può manifestarsi con una sintomatologia atipica nella quale, pur con lo sviluppo di cancri, non si hanno disseccamenti, né emissione di rami epicormici che invece caratterizzano quelli virulenti. I tessuti della parte colpita reagiscono attivamente all'attacco formando dei rigonfiamenti, anche perché il patogeno *C. parasitica* ha ceppi ipovirulenti che determinano attacchi superficiali e inoltre ha una bassa capacità di riprodursi tramite picnidi. Spesso i cancri non circondano il pollone colpito, ma assumendo una colorazione nerastra (Fig. 4B),

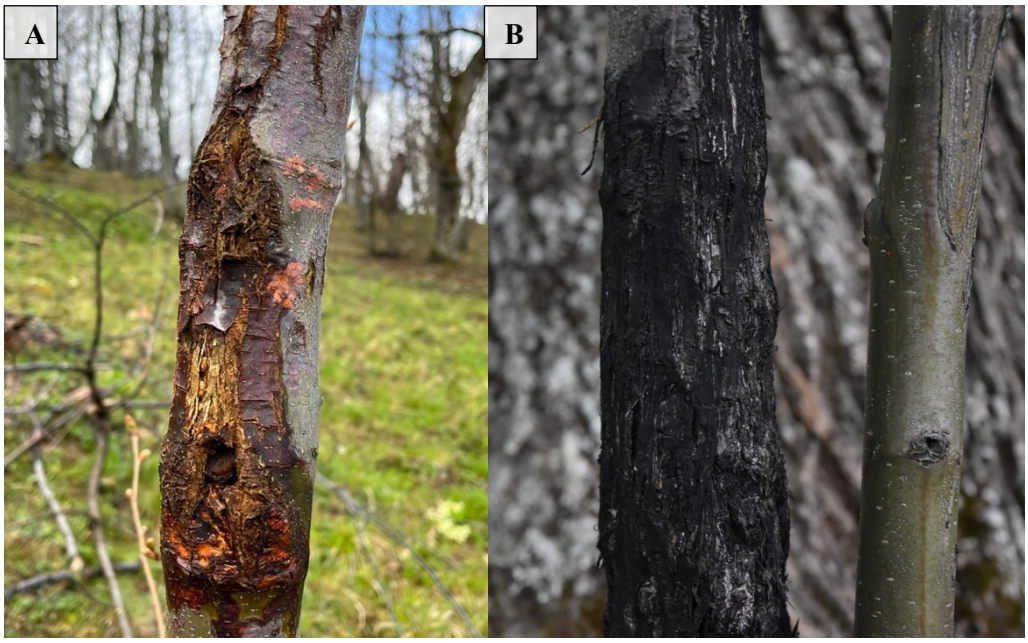


Figura 4 – (A) cancro virulento su castagno (B)cancro ipovirulento cicatrizzato

restano circoscritti sulla corteccia e possono essere espulsi. L'ipovirulenza (la bassa aggressività) degli isolati è un fenomeno che si è spontaneamente manifestato in natura e che migliorato lo stato fitosanitario dei castagneti in Italia e in Europa. L'ipovirulenza è causata dalla presenza nel citoplasma di *C. parasitica* di particelle virali (*Cryphonectria hipovirus 1*

(CHV-1), e può essere trasmissa da ceppi ipovirulenti a ceppi virulenti tramite anastomosi ifale solo se c'è compatibilità vegetativa fra due ceppi (Turchetti *et al.,* 2010).

Altre malattie riguardanti il fusto sono le carie del legno causate da *Fomes fomentarius (Fig. 5)*, *Hypholoma fascicolare (Fig. 5), Stereum hirsutum e Trametes versicolor*. La penetrazione degli agenti di carie del legno avviene principalmente tramite lesioni a livello dell'apparato epigeo o ipogeo. Il fungo una volta penetrato, tramite la produzione di enzimi, prosegue degradando le componenti delle pareti cellulari come pectina, lignina e cellulosa; ciò causa necrosi e collasso della struttura interna del fusto. Nella maggior parte dei casi ne diminuisce notevolmente la stabilità provocando schianti.

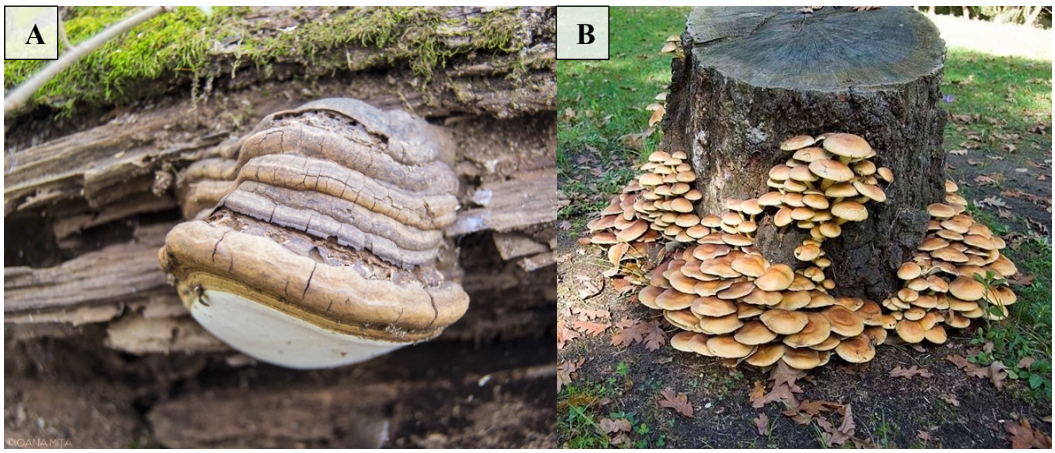


Figura 5 – (A) Fomes fomentarius e (B) Hypholoma fascicolare (A https://www.alamy.it/)

Il frutto è soggetto all'attacco di diversi patogeni che provocano danni alle produzioni sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo. Tra i principali funghi agenti di alterazioni del frutto ricordiamo: *Phomopsis endogena* agente della mummificazione delle castagne, *Ciboria batschiana* agente del marciume nero, *Colletotrichum acutatum* agente del marciume rosa (Fig. 6A), *Penicillum spp*. agente della muffa verde (Fig. 6B), *Aspergillus spp*. agente della muffa giallastra e *Gnomoniopsis castaneae* agente del marciume gessoso, diffusosi negli ultimi anni. Questi agenti provocano sintomi principalmente all'interno della castagna, quindi non visibili dall'esterno al momento della raccolta, che possono aggravarsi anche durante le fasi di conservazione del prodotto (Moricca *et al.,* 2022).



Figura 6 – (A) Marciume rosa, (B) muffa verde della castagna (Maresi)

Altri patogeni che possono determinare danni minori sulle piante adulte, e danni di una certa importanza sulla rinnovazione, favoriti da stagioni molto umide sono *Mycosphaerella maculiformis*, agente che causa la fersa del castagno (Fig. 7A) e *Microsphaera alphitoides*, agente del mal bianco del castagno (Oidio) (Fig. 7B) (Cristinzio e Testa, 2022).

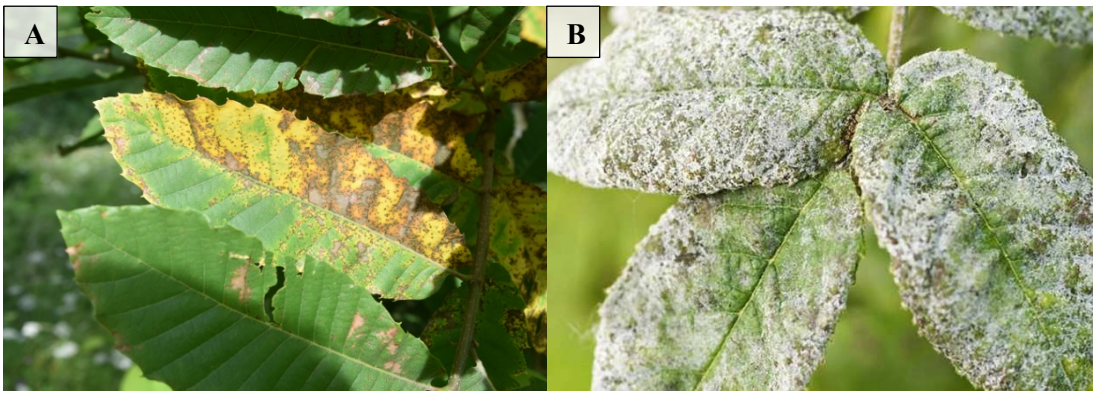


Figura 7 - (A) Fersa, (B) oidio del castagno su giovani ricacci

Un ruolo molto importante è svolto dai patogeni che determinano il marciume radicale del castagno, in particolare *Armillaria mellea* agente del marciume radicale fibroso e *Phytophthora* spp. agente mal dell'inchiostro del castagno. Di seguito si tratterà approfonditamente gli aspetti legati al mal dell'inchiostro del castagno oggetto della presente tesi.

2. MAL DELL'INCHIOSTRO DEL CASTAGNO

2.1 CENNI STORICI E BREVE DESCRIZIONE

Il mal dell'inchiostro è la malattia più dannosa del castagno. È stata segnalata la prima volta in Italia nel 1859, in seguito è stata riscontrata in Francia, in Spagna, in Portogallo, in Inghilterra e negli Stati Uniti, causando ovunque deperimento dei castagneti (Petri, 1917). Dopo oltre mezzo secolo di ricerche e discussioni sull'eziologia della malattia da parte di molti botanici, L. Petri nel 1917 identificò l'agente *Blepharospora cambivora*, collocandolo per le caratteristiche microscopiche nella famiglia Peronosporacea. In seguito, il nome scientifico divenne *Phytophthora cambivora* (Petri), mentre nel 1938 in Inghilterra fu identificato un altro patogeno *Phytophthora cinnamomi* associato a questa malattia (Cristinzio e Testa, 2022). I due patogeni fanno parte del regno Protista, classe Oomycota, ordine Peronosporales, appartengono a delle classificazioni interspecifiche diverse per caratteristiche morfologiche, nonostante le numerose somiglianze a livello genetico.

regno	classe	ordine	genere
Protista	*Oomycota*	*Peronosporales*	*Phytophthora*

Il patogeno penetra dalle radici più giovani, causando il successivo marciume dove in una fase iniziale, raggiunta la parte basale del fusto, sono visibili delle fessure strette e allungate verticalmente, che nel tempo si estendendosi formano delle aree necrotiche "triangolari" il cui perimetro è spesso caratterizzato da un evidente callo di cicatrizzazione (necrosi a fiamma). La pianta reagisce in corrispondenza delle necrosi, producendo tannini, una sostanza di color scuro come l'inchiostro, che da poi il nome alla malattia. La continua diffusione di *Phytophthora* spp. è facilitata dal cambiamento climatico, prolungati periodi di siccità indeboliscono l'apparato radicale rendendolo più suscettibile alla malattia (Scanu *et al*., 2014).

2.2 CICLO BIOLOGICO

Il genere *Phytophthora* condivide diverse caratteristiche con i funghi ma si differenzia per la sua struttura cellulare e per il ciclo vitale.

Il ciclo biologico di *Phytophthora* è complesso e coinvolge diverse fasi (Fig. 8).

Il patogeno si diffonde grazie alla produzione di sporangi, strutture a forma di pera che producono le zoospore. Queste spore sono dotate di flagelli che consentono loro di "nuotare" nel terreno sfruttando la presenza di acqua. Una volta che le zoospore raggiungono una radice, si attaccano alla parete cellulare e producono un appressorio, una struttura specializzata che permette al patogeno di penetrare attivamente nella pianta ospite. Una volta all'interno, il patogeno si diffonde attraverso il sistema vascolare,

causando la necrosi del legno e la morte delle cellule. La fase sessuale prevede la fusione del gamete maschile e femminile a formare le oospore, strutture con cui il patogeno riesce a sopravvivere in condizione avverse e per lunghi periodi di tempo germinando solo quando le condizioni ambientali sono favorevoli (Scanu *et al*., 2014).

La comprensione dei meccanismi del ciclo biologico del patogeno e dei fattori ambientali che influenzano la sua diffusione è fondamentale per sviluppare strategie efficaci per contrastare la diffusione della malattia (Scanu *et al*., 2014).

La temperatura è uno dei fattori ambientali più importanti che influenzano la crescita e la diffusione del patogeno. Generalmente la temperatura ottimale si aggira intorno ai 22º-24ºC ma queste differiscono in base alle specie. Ad esempio, alcune sono adattate a temperature più miti, mentre altre specie di prosperano in condizioni più calde. In generale, *Phytophthora* ha maggiori probabilità di sopravvivere in zone con temperature invernali miti e temperature estive moderate (Scanu *et al*., 2014).

L'umidità è un altro fattore ambientale importante che influisce sulla crescita e la diffusione di *Phytophthora*. Il patogeno prospera in condizioni di terreno umido ed è spesso associato ad aree con elevate precipitazioni e/o scarso drenaggio. Suoli acquitrinosi creano ambienti anaerobici che favoriscono la crescita dell'organismo sfavorendole radici, mentre le condizioni di siccità possono ridurre la sopravvivenza e la diffusione del patogeno.

Il tipo di suolo è anche un fattore importante nella diffusione di *Phytophthora*. Alcune specie hanno una preferenza per suoli sabbiosi o argillosi, che favoriscono il ristagno di acqua. Alcune specie vegetali possono agire come ospiti del patogeno, consentendogli di sopravvivere e diffondersi più facilmente, mentre altre possono inibirne la crescita (Scanu *et al*., 2014).

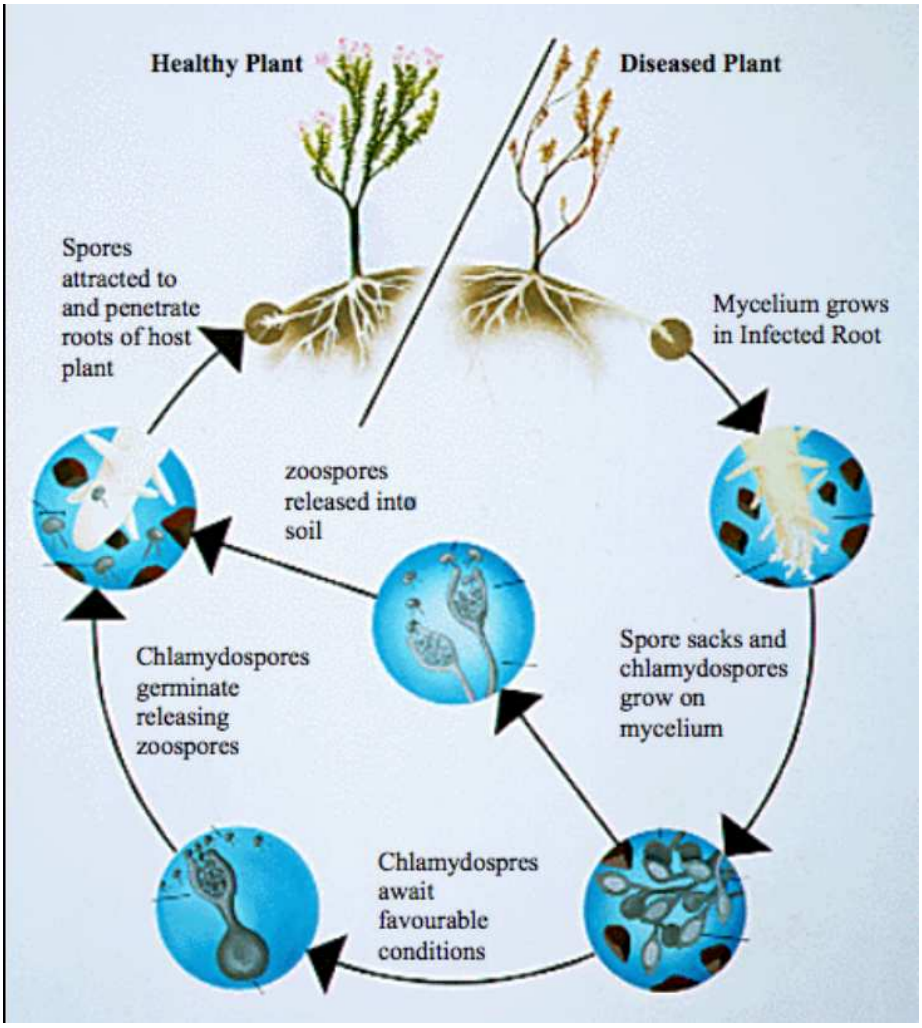


Figura 8 - Ciclo biologico Phytophthora spp. (Euforgen)

2.3 SINTOMATOLOGIA

La diagnosi del mal dell'inchiostro del castagno richiede l'osservazione di una combinazione di sintomi aspecifici e specifici; mentre i primi possono fornire indizi sulla presenza della malattia, è importante confermare la diagnosi attraverso l'identificazione dei sintomi specifici e l'isolamento del patogeno.

2.3.1 SINTOMI ASPECIFICI

La sintomatologia aspecifica del mal dell'inchiostro del castagno comprende segni e sintomi che possono essere facilmente confusi con altre malattie o stress ambientali. Il patogeno causa deperimento della chioma (Fig. 9) che può manifestarsi tramite clorosi fogliare, microfillia e filloptosi anticipata. Questi sintomi possono essere cause anche di stress idrico, carenze nutritive o attacchi di insetti. Inoltre, la pianta può presentare rami epicormici (Montecchio *et al*., 2009).



Figura 9 – chioma di castagno sofferente a causa di mal dell'inchiostro

2.3.2 SINTOMI SPECIFICI

Per individuare la presenza di *Phytophthora* bisogna spostare lo sguardo alla base della pianta. Il sintomo, che da il nome alla malattia, è la presenza di un essudato scuro e vischioso che fuoriesce dalle lesioni presenti sulla corteccia. (Fig. 10A).

La penetrazione del micelio avviene attraverso le ferite all'altezza del colletto della pianta o alla base delle grosse radici, ma essa può facilmente verificarsi anche sull'apice delle radichette assorbenti e da qui, invadendo i tessuti, il patogeno si diffonde sull'apparato radicale. Asportando la corteccia alla base del fusto dei castagni e delle ceppaie infette viene osservata la necrosi del cambio, che dal colletto, sale al di sopra del livello del suolo. Queste aree presentano l'aspetto caratteristico di lingue più o meno estese lungo l'asse del fusto e sono note come macchie a fiamma o a diagramma (Fig. 10B) (Montecchio *et al*., 2009).



Figura 10 – (A) Essudato nero emesso dal tessuto malato in marcescenza e (B) necrosi a fiamma su giovane individuo

2.4 DIFFUSIONE DELLA MALATTIA

Gli attacchi del mal dell'inchiostro del castagno si verificano con maggior facilità su quei castagneti situati in luoghi umidi, piuttosto declivi dove scorre l'acqua dove c'è presenza di ristagno idrico. La diffusione della malattia, inoltre, è favorita da estati aride, che provocano una condizione di stress per le radici a cui seguono inverni miti, durante i quali le spore del patogeno non vengono devitalizzate. Altri vettori del patogeno possono essere insetti, come ad esempio afidi, che tramite punture su piante infette trasmettono la malattia su individui sani. *Phytophthora* spp. si diffonde con più facilità in suoli poveri di sostanza organica e azoto, come i castagneti coltivati dove il fogliame e i possibili resti vegetali caduti vengono asportati, e il suolo di conseguenza, non ha apporto di sostanza organica. Infine, un altro possibile mezzo di diffusione è il movimento di terreno infetto che può avvenire in diverse modalità; un esempio ne è il cinghiale, che tramite il grufolamento trasporta suolo infetto in castagneti ancora sani. Anche l'uomo e l'attività antropica può movimentare suolo infetto, tramite spostamenti a piedi o coi mezzi agricoli/forestali usati in bosco.

In vivaio, la diffusione della malattia è favorita essenzialmente dall'utilizzo di materiale infetto; dall'acqua, contenente propaguli del patogeno, al vaso che dovrebbe essere sostituito ad ogni nuova messa a dimora. Anche gli strumenti dell'operatore, come cesoie e forbici da potatura, dovrebbero essere disinfettate tra operazioni su un individuo e l'altro *(*Scanu *et al., 2014).*

2.5 METODI DI LOTTA

Per contrastare la diffusione di *Phytophyhora* è fondamentale adottare diverse strategie di lotta integrate:

Prevenzione e monitoraggio: il monitoraggio costante delle aree colpite dal mal dell'inchiostro è cruciale per limitare la diffusione del patogeno. Questo può includere l'identificazione e la rimozione delle piante infette, l'installazione di barriere anticontaminazione e l'attuazione di misure per ridurre il rischio di infezioni nelle aree adiacenti.

Resistenza genetica: La ricerca e lo sviluppo di varietà di castagno resistenti al mal dell'inchiostro è una strategia promettente per contrastare la diffusione della malattia. Attraverso programmi di miglioramento genetico, è possibile selezionare e propagare

piante che presentano una maggiore tolleranza o resistenza ai patogeni responsabili della malattia.

Controllo biologico: L'utilizzo di organismi antagonisti, come batteri e funghi, può offrire un approccio sostenibile ed ecocompatibile per contrastare il mal dell'inchiostro. Ad esempio, l'applicazione di ceppi di *Trichoderma* o *Bacillus* può aumentare la resistenza delle piante all'infezione, promuovendo la competizione per le risorse e la produzione di composti antimicrobici.

Controllo chimico: L'impiego di fungicidi può essere una misura temporanea per ridurre la diffusione del mal dell'inchiostro e salvaguardare gli alberi sani. Tuttavia, è importante selezionare prodotti a basso impatto ambientale e utilizzarli in modo responsabile, seguendo le raccomandazioni e le normative locali.

Regimazione delle acque: La gestione di queste può contribuire a ridurre la diffusione della malattia. Ad esempio, il miglioramento del drenaggio del suolo, la riduzione dell'irrigazione e l'adozione di pratiche agronomiche sostenibili possono diminuire la diffusione dei patogeni.

Utilizzo di materiale sano: i vivai devono garantire la vendita e distribuzione di materiale sano, evitando così la messa a dimora di individui già malati.

In conclusione, la lotta contro la diffusione del mal dell'inchiostro del castagno richiede un approccio integrato (IPM) che combina tutti questi sistemi descritti. Solo con l'adozione di queste strategie è possibile garantire la sopravvivenza e la sostenibilità delle coltivazioni di castagno (Montecchio *et al*., 2009).

3 OBBIETTIVI

Negli anni si è assistito a un progressivo declino delle produzioni castanicole regionali a causa del graduale abbandono e all'impatto di diverse avversità fitosanitarie.
Il mal dell'inchiostro è oggi la maggiore avversità per il castagno in quanto ha un elevato tasso di mortalità sulle piante colpite, esso attacca sia aree in abbandono sia aree coltivate creando gravi danni ai castanicoltori e portando alla perdita di alberi monumentali e di varietà autoctone che rischiano l'estinzione.

Lo scopo di questa tesi è stato quello di valutare se l'apporto di sostanza organica al suolo, sottoforma di ammendanti organici arricchiti in alcuni casi da comunità microbiche antagoniste, possa risultare efficace nella prevenzione e mitigazione del mal dell'inchiostro del castagno. Questa ricerca è parte integrante del Progetto PSR INKAS, finanziato dalla Regione Marche, avviato a fine 2022 con l'obbiettivo di salvaguardare il patrimonio castanicolo regionale dall'inesorabile diffusione di *Phytophthora spp.*, agente del mal dell'inchiostro, utilizzando tecniche a basso impatto ambientale.

Le principali fasi della ricerca hanno riguardato:

1) Individuazione di due castagneti da frutto significativi per la presenza di mal dell'inchiostro
2) Rilievo fitosanitario pre-somministrazione di ammendanti organici
3) Distribuzione di tre diversi ammendanti organici
4) Rilievo fitosanitario post-intervento
5) Confronto dei dati epidemiologici della stagione 2022 (pre-trattamento) e della stagione vegetativa 2023 (post-trattamento)

4 MATERIALI E METODI

4.1 SITI DI INDAGINE

La prova sperimentale è stata svolta in due castagneti ubicati a Pozza (42.7311262; 13.4217313) nel comune di Acquasanta Terme di proprietà dell'azienda agricola Santini, e ad Altino nel comune di Montemonaco (42.8876841; 13.3213882) di proprietà dell'azienda agricola Pagliaroni.

Sito 1 - Acquasanta Terme fraz. Pozza (Azienda Agricola Santini)

Acquasanta Terme è situata all'interno del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga", in cui troviamo l'area "ZSC-SIC cod. IT5340008 - Valle della Corte".

In queste aree sono stati segnalati diversi habitat tra cui **l'habitat 9210*** "Faggeti degli Appennini con *Taxus* e *Ilex*", che comprende diverse associazioni vegetali come il *Lathyro veneti-Fagetum sylvaticae* Biondi, *Hieracio racemosi-Fagetum sylvaticae* Allegrezza e *Solidagini-Fagetum sylvaticae*, e **l'habitat 9260** "Boschi di *Castanea sativa*", che è riferito alle associazioni vegetali *Cardamino kitaibelii-Castaneetum sativae* Taffetani, *Cyclamino hederifolii-Castaneetum sativae* Allegrezza e *Melampyro italici-Castaneetum sativae* Hruska (Fig. 11). Il suolo è di tipo prevalente arenaceo con la presenza di argilla. L'area studio consiste in 0,80 ettari, all'interno dei quali sono stati considerate 104 piante di castagno.

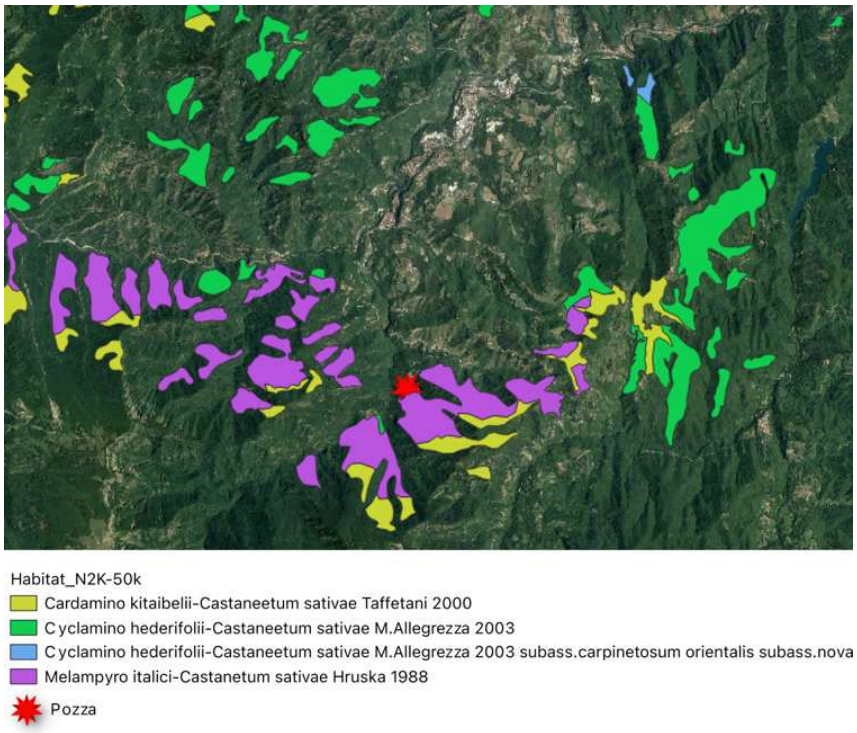


Figura 11 - Carta degli habitat nei pressi di Pozza

Sito 2 - Montemonaco fraz. Altino (Azienda Agricola Pagliaroni)

Montemonaco risiede all'interno del "Parco Nazionale dei Monti dei Sibillini" in cui troviamo le aree del "SIC-ZPS cod. IT5340016 MONTE OIALONA E COLLE PROPEZZANO" e "SIC cod. IT5340012 BOSCHI RIPARIALI DEL TRONTO".

In queste aree sono stati segnalati **l'habitat 9210* e l'habitat 9260** (sopra descritti) (Fig. 12). Il suolo è di tipo arenaceo con la presenza di argilla. L'area studio consiste in 0,75 ettari, all'interno dei quali sono stati censiti 83 piante di castagno.

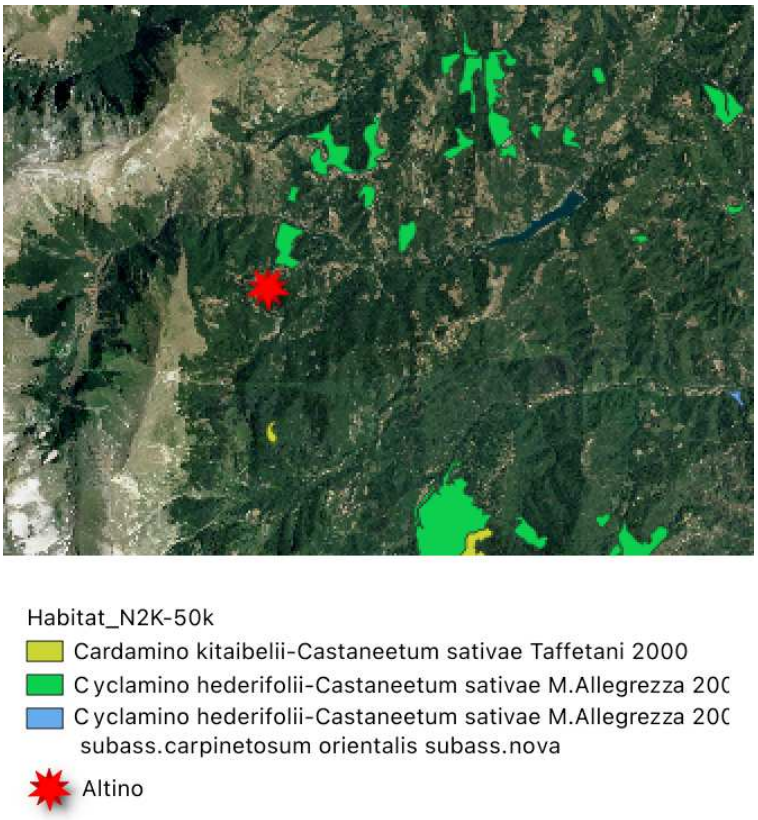


Figura 12 - Carta degli habitat nei pressi di Altino

4.3 SCHEMA SPERIMENTALE E PRODOTTI UTILIZZATI

Le aree di studio sono state suddivise in tre settori o parcelle (Altino di Montemonaco) e in quattro (Pozza di Acquasanta Terme), all'interno dei quali sono state individuate con numero progressivo le piante distribuite lungo le linee di pendenza del castagneto. In ogni parcella è stato distribuito un diverso ammendante organico (tesi) per un quantitativo pari a 5-7 kg per pianta, prima della ripresa vegetativa. I vari ammendanti sono stati distribuiti in

corrispondenza della proiezione della chioma, mantenendo una distanza di circa un metro dal colletto dell'albero per evitare bruciature da concimi (Fig. 13). Sulle piante già numerate in modo progressivo, è stato apposto un cartellino colorato che contraddistingue il tipo di ammendante distribuito.



Figura 13 - Distribuzione concime organico

L'incremento di sostanza organica nel suolo apporta notevoli vantaggi, tra cui il miglioramento della struttura. La componente biologica può favorire la formazione di aggregati, che migliorano la porosità, la permeabilità e la capacità di ritenzione idrica. Ciò permette alle radici delle piante di penetrare più facilmente nel suolo e di assorbire l'acqua e i nutrienti di cui hanno bisogno. La sostanza organica provoca un aumento della fertilità, nutrienti come azoto, fosforo e potassio, sono essenziali per la crescita delle piante. Inoltre, i concimi stimolano l'attività biologica, favorendo la decomposizione dei materiali organici e la liberazione di nutrienti. L'apporto di sostanza organica può aumentare la stabilità del terreno e ridurre l'erosione di esso causata dal vento o dall'acqua. Le piante risultano più resistenti alle malattie e alle condizioni di stress come la siccità. Tra i vantaggi troviamo anche lo sviluppo di microrganismi, possibili antagonisti naturali di *Phytophthora* spp., agente strettamente legato al mal dell'inchiostro del castagno. I prodotti commerciali utilizzati durante la prova sperimentale sono stati: Biofence, Microforce, Microlife e Pollinamatura. Di seguito si riporta la composizione e le caratteristiche dei singoli ammendanti organici.

BIOFENCE: formulato organico azotato in pellet ad azione ammendante composto da residui di lavorazione di semi oleosi essiccati (Fig. 14), contrassegnato con il colore rosso. Si tratta di un prodotto 100% origine vegetale, 100% OGM free, azoto (N) organico 6%

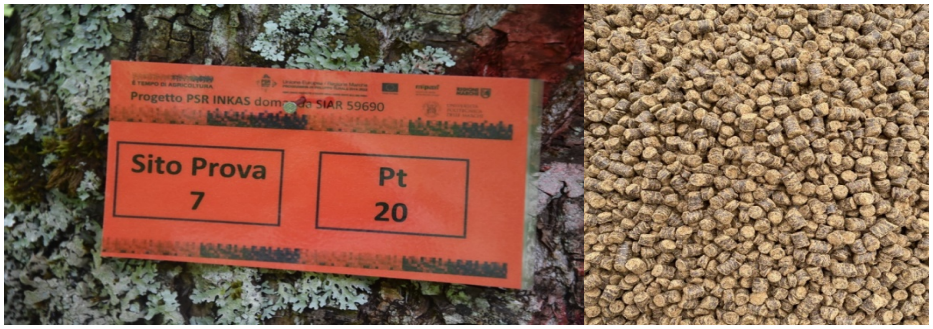


Figura 14 - Cartellino rosso su piante da trattare con BIOFENCE e prodotto utilizzato

POLLINAMATURA: concime organico costituito da pollina non proveniente da allevamenti industriali, maturata per almeno cinque mesi, neutralizzata, disidratata e compressa in pellet, indicata con il colore giallo (Fig. 15). Il prodotto è composto da Azoto (N) organico 2,5% e anidride fosforica (P2O5) 2,5%.



Figura 15 - Cartellino giallo su piante da trattare con POLLINAMATURA

MICROLIFE: ammendante derivato da letame di bovino ed equino non ad alto grado di umidificazione, pellettato e con aggiunta di un consorzio microbico composto principalmente da microrganismi del genere ***Trichoderma***, ***Pseudomonas***, ***Bacillus*** e ***Aspergillus*** (Fig. 16). Questo prodotto è stato contrassegnato con il colore verde. Microlife è composto da: carbonio (C) organico di origine biologica 26%, Azoto (N) totale 1%, Rapporto C/N 26.



Figura 16 - Cartellino verde per piante da trattare con MICROLIFE

MICROFORCE: ammendante derivato da letame di bovino ed equino non proveniente da allevamenti industriali ad alto grado di umidificazione, pellettato e con aggiunta di inoculo di funghi micorrizici (*Glomus intraradices*) e ceppi selezionati di rizobatteri (*Azotobacter salinestris e A. vinelandi, Bacillus megaterium, Frauteria aurantia*) promotori della crescita (PGPR) (Fig. 17).

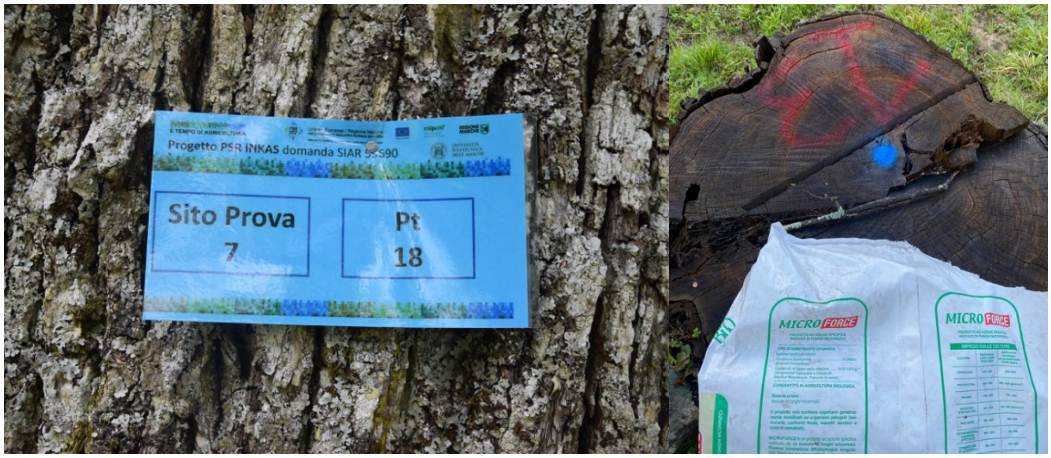


Figura 17 - Cartellino blu su piante da trattare con MICROFORCE

4.5 RILIEVO FITOSANITARIO

I rilievi fitosanitari nelle due aree studio sono stati effettuati nel periodo tra fine giugno e inizio luglio. Per tutti gli individui sono stati presi i parametri di circonferenza a 1,30 m tramite fettuccia metrica e si è stimata l'età (calcolando circonferenza/1,6 dove 1,6 indica il tasso di crescita medio annuale (Sanchez. 2020).

Il passo successivo è stato compilare una scheda (Fig. 18) dove per ogni pianta è stata registrata la presenza di:

- cancro corticale: differenziandolo in cancri corticali virulenti e ipovirulenti cicatrizzati, causati da *Cryphonectria parasitica*,
- malattie fungine della chioma (oidio, fersa),
- alterazioni cromatiche della chioma indotte da carenza nutrizionale o virus del mosaico del castagno,
- infestazioni del cinipide galligeno (*Dryocosmus kuriphilus*), considerando la presenza di galle sulla vegetazione,
- necrosi a fiamma (sintomo specifico di mal dell'inchiostro),
- essudati (sintomo specifico di mal dell'inchiostro);

Pianta	Coord. GPS	spede	Altezza	Diametro	% decolorazione della chioma (ingiallimento)				% tessuto morto					Necrosi a fiamma (cm)	oidio	cinipide	Cancro corticale Virulento/ipovirul	Mosaico del castagno	Essudati	Note /n. foto
					0	Fino a 30%	30-50%	>50%	0	Fino a 30%	31-50%	>50%	Morta							

Figura 18 - Scheda per rilievo fitosanitario

Un rilievo più approfondito è stato effettuato andando a considerare la percentuale di ingiallimento, defogliazione e necrosi dei tessuti della chioma, suddividendole in classi patometriche che prevedevano: chioma asintomatica (classe 0), sintomatica fino al 10% (classe 1), sintomatica fino a 30% (classe 2), sintomatica tra 31-50% (classe 3), maggiore del 50% (classe 4) o pianta morta (classe 5) (Fig. 19). Tali classi hanno permesso di calcolare un valore medio di gravità espresso con la formula G= Σ (c x f) / n. Dove c = classe, f = frequenza, n = piante sintomatiche.

Tali sintomi, insieme alla presenza di necrosi a livello del colletto e presenza di essudati nerastri, rappresentano degli indicatori attendibili della possibile infezione da Phytophthora spp., agente del mal dell'inchiostro.

I parametri misurati in bosco sono stati successivamente elaborati su un foglio di calcolo elettronico, analizzando attraverso opportuni grafici, il numero e le percentuali degli individui che presentano sintomi riconducibili al mal dell'inchiostro e la presenza di eventuali altre malattie. I risultati ottenuti sono stati confrontati con i dati dei rilievi raccolti nel 2022.

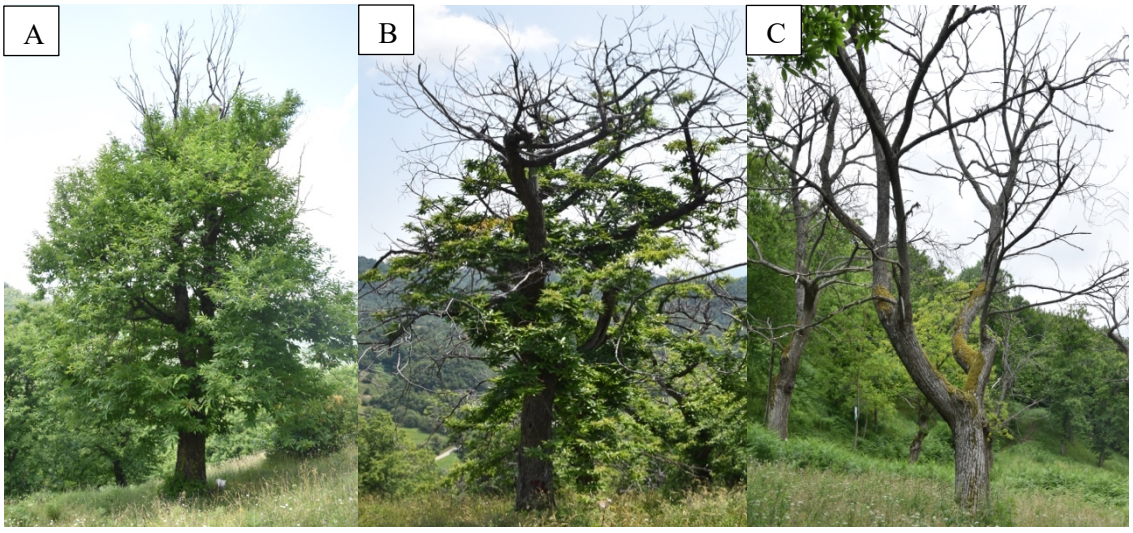


Figura 19 - Classi patometriche differenti: (A) pianta con chioma sintomatica fino al 10%, (B) chioma sintomatica compresa tra 31 e 50%, (C) pianta morta.

5 RISULTATI E DISCUSSIONE

Dall' analisi dei dati, si è potuto constatare che in entrambi i siti troviamo popolamenti coetanei (in base alle classi di età) (Fig. 21-23) e coetaneiformi (in base alle classi diametriche) (Fig. 20-22). Nel castagneto di Pozza di Acquasanta Terme la maggior parte degli individui possiede un diametro rientrante nelle classi diametriche di 25 cm e 35 cm, con età media stimata attorno ai 50-70 anni; non mancano giovani individui e piante che superano i 150 anni di età con diametri di circa un metro.

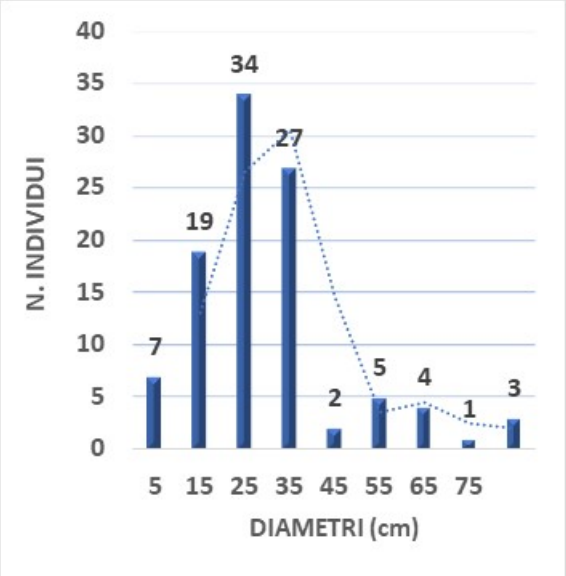


Figura 20 - Distribuzione diametrica del popolamento nel castagneto ad Acquasanta Terme

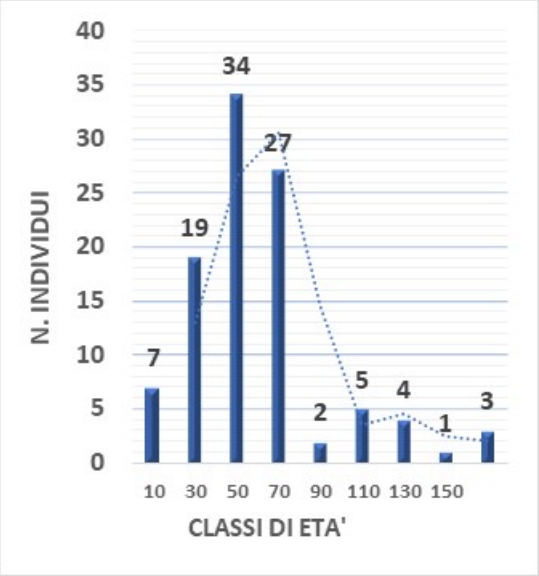


Figura 21 - Distribuzione degli individui nelle varie classi di età del popolamento nel castagneto ad Acquasanta terme

Nel castagneto di Altino di Montemonaco le piante ricadono maggiormente nelle classi diametriche di 50/60 cm, con un'età media stimata compresa tra i 90 e i 120 anni (Fig. 21-23).

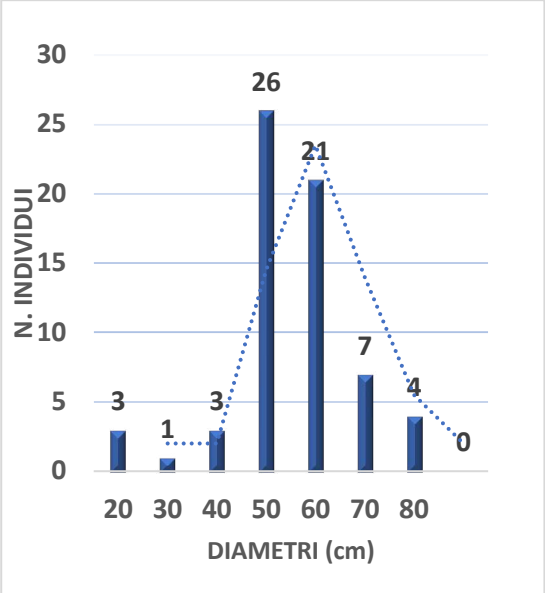


Figura 22 - Distribuzione diametrica del popolamento nel castagneto a Montemonaco

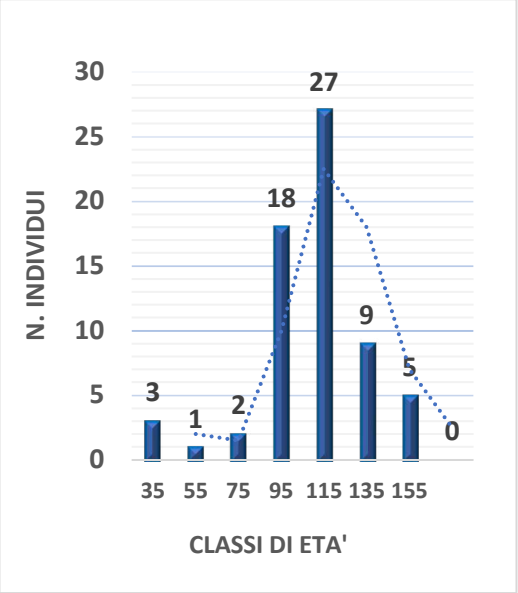


Figura 23 - Distribuzione degli individui nelle varie classi di età del popolamento nel castagneto a Montemonaco

Il rilievo fitosanitario effettuato a luglio 2022 è stato messo a confronto con quanto registrato a luglio 2023 dopo circa 3 mesi dalla somministrazione dei quattro ammendanti organici

Come anticipato in precedenza, i rilievi dei due siti sono stati confrontati con i rilievi effettuati a luglio 2022 per esaminare come la situazione epidemiologica si stia evolvendo. Durante i rilievi effettuati sia nel 2023 che nel 2022, troviamo molte piante sintomatiche che indicano la forte presenza del patogeno all'interno delle aree, dove parte degli individui sono completamente morti (Fig. 24A). È interessante notare come su alcune di queste piante gravemente colpite, a seguito dei trattamenti effettuati con gli ammendanti organici, si possa notare la presenza di ricaccio pollonifero abbondante (Fig. 24B). Questo potrebbe dimostrare che l'apporto di sostanza organica, anche arricchita da microrganismi antagonisti dei patogeni e promotori di crescita, stimola la reazione da parte della pianta e la ripartenza primaverile con nuovi polloni.

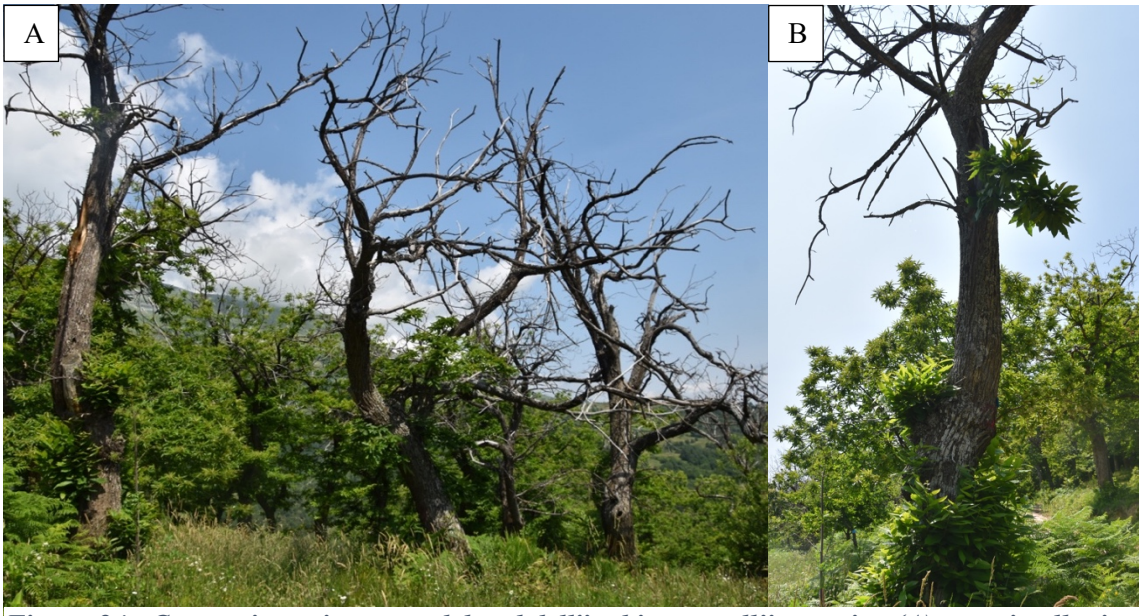


Figura 24 - Castagni morti a causa del mal dell'inchiostro nell'immagine (A), nuovi polloni su pianta quasi del tutto morta nell'immagine (B)

5.1 CASTAGNETO DI MONTEMONACO (FRAZ. ALTINO)

5.1.1 SITUAZIONE FITOSANITARIA ANNO 2022

I dati relativi al rilievo fitosanitario effettuato nel 2022 sono stati recuperati dalla precedente rielaborazione di Emiliano Ticali, dai quali si è potuto notare la presenza di cancro corticale (6%), virus del mosaico del castagno (3%), infestazione di cinipide (27%), sintomi specifici di mal dell'inchiostro (essudati e necrosi a fiamma) (60%).

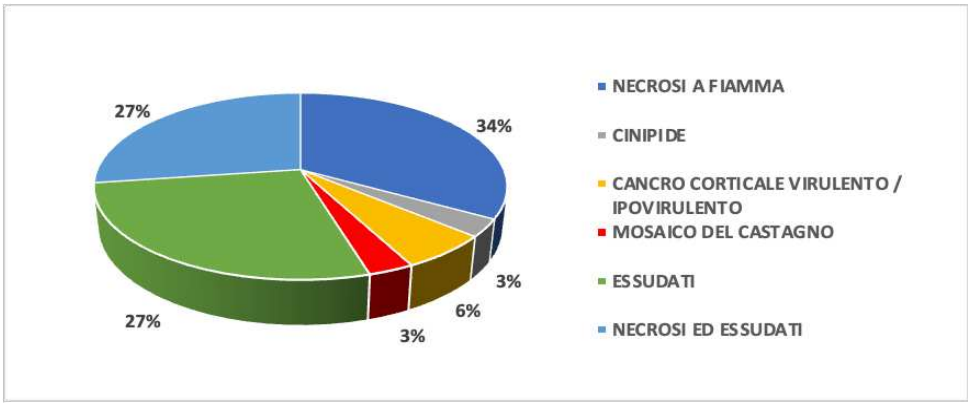


Figura 25 - Principali malattie del castagno rilevate nel castagneto ad Altino di Montemonaco nel 2022

Dal rilievo dei sintomi aspecifici legati al mal dell'inchiostro (necrosi dei tessuti), era stato possibile verificare che tutte le piante considerate avevano una più o meno severità dei sintomi e il 4% erano le piante morte presumibilmente per attacchi di *Phytophthora*.

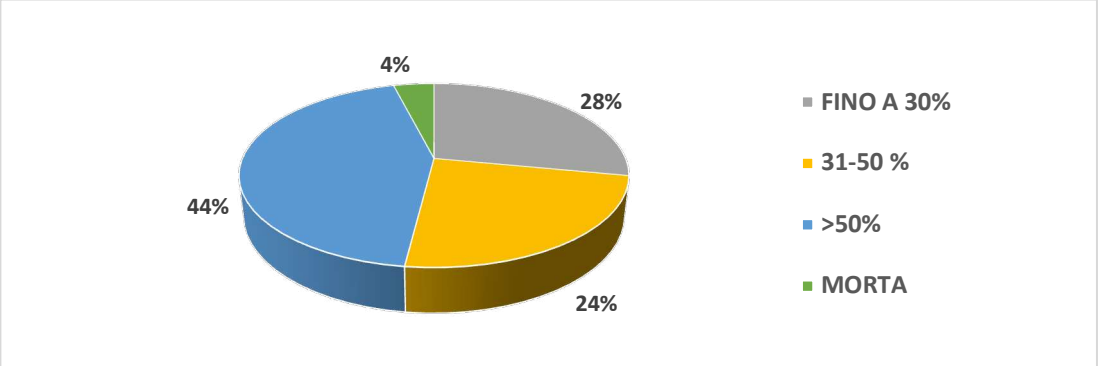


Figura 26 – Grafico del tessuto morto presente nelle singole classi su numero di piante rilevate nell'area nel 2022

5.1.2 SITUAZIONE FITOSANITARIA ANNO 2023

Dopo tre mesi dalla somministrazione dei quattro ammendanti, a luglio 2023 è stato eseguito un rilievo fitosanitario, prendendo in considerazione la presenza di fitopatologie e la percentuale di chioma interessata da fenomeni di necrosi e di ingiallimento in genere considerati come possibili indicatori di stress della pianta o interazione con patogeni. Le principali malattie del castagno riscontrate sono state il cancro corticale (44%), con prevalenza della forma ipovirulenza cicatrizzata, sporadicamente fersa e oidio, il mosaico del castagno (14%) e sintomi specifici di mal dell'inchiostro (necrosi a fiamma ed essudati) (40%).

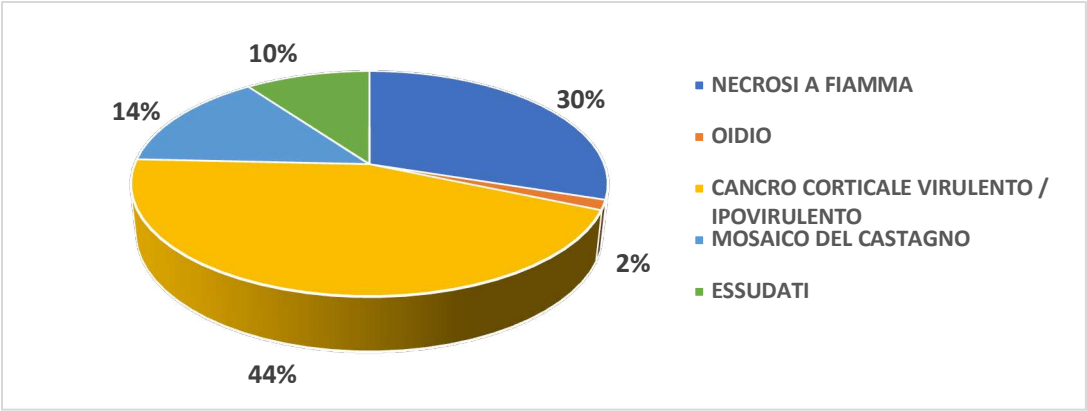


Figura 27 - Principali malattie del castagno rilevate nel castagneto ad Altino di Montemonaco nel 2023

Dal rilievo dei sintomi aspecifici legati al mal dell'inchiostro (necrosi dei tessuti), è stato possibile verificare che il 49% delle piante mostrava disseccamenti iniziali (fino al 30%) della chioma, il 16% aveva disseccamenti più estesi (31-50%). Il 31% delle piante aveva la chioma compromessa per più del 50% e il 4% degli individui erano morti per cause attribuibili a infezioni di *Phytophthora* spp.

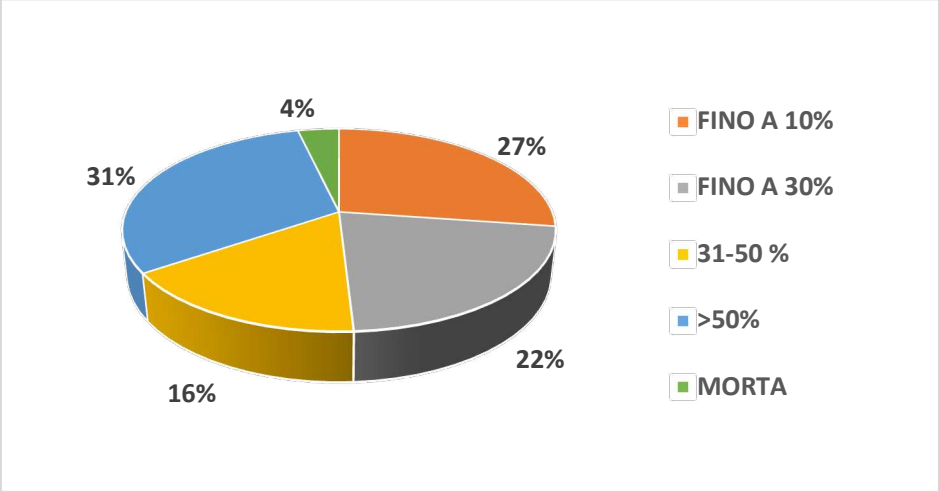


Figura 28 - Grafico del tessuto morto presente nelle singole classi su numero di piante rilevate nell'area nel 2023

Il parametro dell'ingiallimento della chioma, registrato nel 2023, non era stato considerato nel 2022. Complessivamente, il 24% delle piante mostravano una chioma fino al 30% con fenomeni di ingiallimento, mentre 11% delle piante aveva fenomeni più estesi (fino al 50%). Tramite il colore e lo stato della chioma, oltre al mal dell'inchiostro del castagno, possono essere individuate condizioni di stress idrico o di carenze nutritive. Questo parametro può rivelarsi utile per i proprietari di castagneti da frutto per considerare trattamenti o irrigazioni di supporto in condizioni di stress particolari.

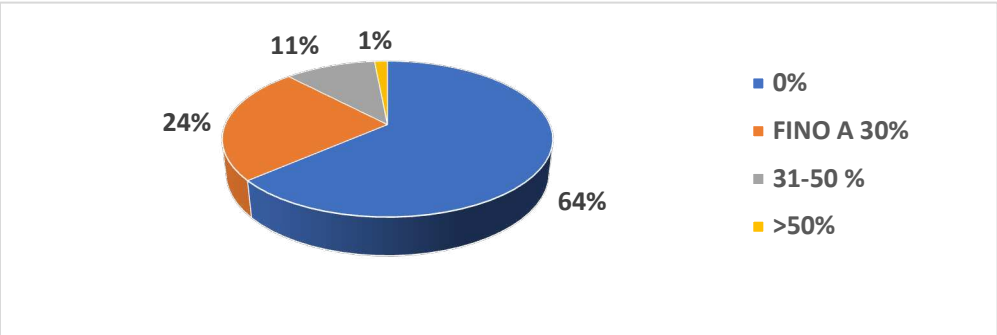


Figura 29 - Percentuale di ingiallimento della chioma ad Altino di Montemonaco

5.1.3 CONFRONTO TRA SITUAZIONE FITOSANITARIA PRE- E POST-TRATTAMENTO PRESSO CASTAGNETO DI MONTEMONACO (FRAZ. ALTINO)

Nel castagneto di Altino di Montemonaco nel 2022, è stato possibile verificare che il castagneto era particolarmente compromesso; infatti, più di un terzo delle piante mostravano sintomi specifici di mal dell'inchiostro, mostrando necrosi a fiamma ed essudati

Tabella 1 – Stato fitosanitario delle piante di castagno relativamente al mal dell'inchiostro, registrato nel 2022 e nel 2023 dopo la distribuzione di ammendanti organici.

	Frequenza	
Classi patometriche	**2022**	**2023**
classe 4	16	14
classe 3	6	8
classe 2	3	1
classe 1	0	0
classe 5	1	2
classe 0	0	1
totale	26	26
severità media	**3,57**	**3,53**

Andando ad analizzare la frequenza delle piante nelle diverse classi sintomatologiche è evidente che nel castagneto c'era nel 2022 un numero molto elevato di piante rientranti in classe 4 corrispondente a disseccamenti della chioma pari a più del 50%. Calcolando l'indice di severità per l'anno 2022 è stato stimato complessivamente per il castagneto intorno al valore 3.57. Confrontando i dati registrati nel 2023 è stato possibile verificare che la situazione fitosanitaria è rimasta stabile; infatti, è stato possibile registrare una sola pianta morta in più rispetto all'anno precedente e una attenuazione dei sintomi. Siamo solo al primo anno e il rilievo fitosanitario è stato effettuato a tre mesi dalla somministrazione dei diversi ammendanti organici.

Siamo andati a considerare più nel dettaglio come le diverse piante hanno reagito in base alla distribuzione di specifici ammendanti organici.

Tabella 2 - Stato fitosanitario delle piante di castagno relativamente al mal dell'inchiostro, registrato nel 2022 e nel 2023 dopo la distribuzione di Microlife e Microforce.

Ammendanti organici	N° PIANTA	2022	2023
MICROLIFE	**38**	2	4
	12	4	3
	15	4	3
	11	4	4
	6	4	4
	2	3	4
	5	3	4
gravità media		**3,43**	**3,71**
MICROFORCE	**23**	2	3
	51	4	5
	50	3	3
	45	4	4
	48	4	4
	52	5	4
	32	4	5
	38	4	4
	39	4	4
	34	3	3
gravità media		**3,7**	**3,9**

Dai dati riportati in Tabella 2 è possibile verificare che la gravità media di sintomi registrata nel 2023 è leggermente superiore rispetto al 2022 per le piante trattate con Microlife e Microforce. Le differenze non sono statisticamente significative, per cui possiamo affermare che per queste piante trattate non hanno modificato pesantemente il loro stato di salute. Un dato leggermente in miglioramento sembra essere quello ottenuto sulle piante trattate con pollina come evidente in Tabella 3.

Tabella 3 - Stato fitosanitario delle piante di castagno relativamente al mal dell'inchiostro, registrato nel 2022 e nel 2023 dopo la distribuzione di Pollinamatura.

Ammendanti organici	N° PIANTA	2022	2023
POLLINA	1	4	3
	5	4	4
	42	4	4
	38	2	3
	44	3	4
	18	4	4
	10	3	0
	12	4	3
	31	4	2
gravità media		**3,5**	**3**

5.2 CASTAGNETO DI ACQUASANTA TERME (FRAZ. POZZA)

5.2.1 SITUAZIONE FITOSANITARIA ANNO 2022

Dai dati del 2022, si evince che il sito presentava una abbondante presenza di piante che mostravano sintomi di mosaico del castagno (52%), cancro corticale (23%) e sul 19% delle piante erano state riscontrate galle determinate dal cinipide. Una bassa percentuale di piante (6%) presentava sintomi specifici di mal dell'inchiostro (necrosi a fiamma al colletto e presenza di essudati) (Fig. 30).

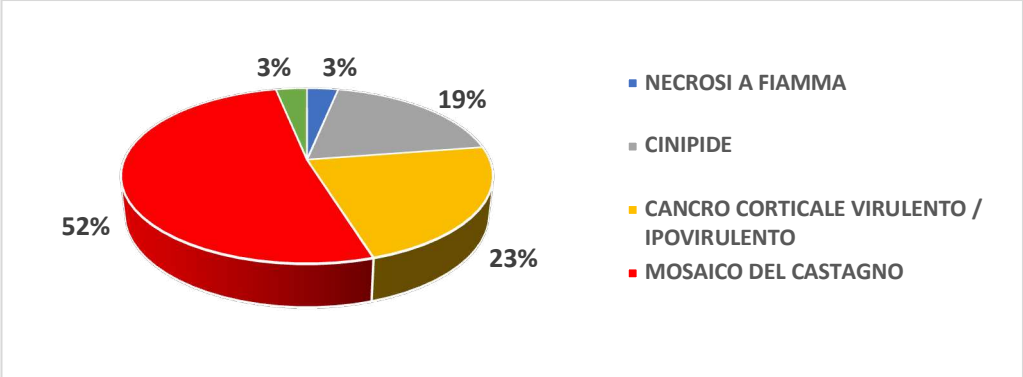


Figura 30 - Principali malattie del castagno rilevate nel castagneto a Pozza di Acquasanta Terme nel 2022

Considerando i sintomi aspecifici in particolare la percentuale di chioma disseccata che sono un buon indicatore di stress della pianta, è stato possibile verificare che più della metà delle piante aveva una chioma compromessa tra il 30% e più del 50%, con 10 piante morte. Cinque erano le piante con sintomi iniziali di mal dell'inchiostro e 7 piante su 55 non mostravano alcun sintomo.

5.2.2 SITUAZIONE FITOSANITARIA ANNO 2023

Come per il sito ad Altino, è stato eseguito il rilievo fitosanitario dopo la somministrazione dei quattro prodotti organici per valutarne l'impatto sul mal dell'inchiostro.

Il quadro fitosanitario aggiornato al 2023 rilevava la presenza di mosaico del castagno (34%), di cancro corticale (47%), la presenza di sintomi specifici di mal dell'inchiostro (19%). Per quanto riguarda i sintomi aspecifici in particolare la percentuale di chioma disseccata è

stato possibile verificare che il 60 % delle piante trattate con i diversi ammendanti organici presentava una chioma compromessa tra il 30% e più del 50%. Sono state registrate undici piante morte.

5.2.3 CONFRONTO TRA SITUAZIONE FITOSANITARIA PRE- E POST-TRATTAMENTO PRESSO CASTAGNETO DI ACQUASANTA TERME

Andando ad analizzare la frequenza delle piante nelle diverse classi sintomatologiche è evidente che nel castagneto c'era nel 2022 un numero molto elevato di piante rientranti in classe 2 corrispondente a disseccamenti della chioma pari fino al 30%.

Calcolando l'indice di severità per l'anno 2022 è stato stimato complessivamente per il castagneto intorno al valore 2,62. Confrontando i dati registrati nel 2023 è stato possibile verificare che la situazione fitosanitaria è peggiorata leggermente (gravità media = 2,89). Un dato importante è che le piante morte sono risultate stabilizzate con una sola pianta in più che si è aggiunta a quelle registrate nel 2022.

Tabella 4 – Stato fitosanitario delle piante di castagno relativamente al mal dell'inchiostro, registrato nel 2022 e nel 2023 dopo la distribuzione di ammendanti organici.

	Frequenza	
Classi patometriche	**2022**	**2023**
classe 0	7	1
classe 1	5	10
classe 2	17	14
classe 3	9	10
classe 4	7	9
classe 5	10	11
Totale	55	55
severità media	**2,62**	**2,89**

Siamo andati a considerare più nel dettaglio come le diverse piante hanno reagito in base alla distribuzione di specifici ammendanti organici. In particolare, sia per le piante trattate con la Pollina matura che con il Microlife è stato registrato un tendenziale peggioramento dello stato fitosanitario rispetto alla gravità media dei sintomi di mal dell'inchiostro rispetto al 2022, non statisticamente significativo (Tabella 4).

Tabella 5 - Stato fitosanitario delle piante di castagno relativamente al mal dell'inchiostro, registrato nel 2022 e nel 2023 dopo la distribuzione di Pollina e Microlife.

Ammendanti organici	N° PIANTA	2022	2023
POLLINA	1	2	2
	3	3	4
	6	5	5
	7	1	5
	21	2	4
	5	2	4
	2	0	1
	11	3	3
	9	0	1
	16	5	5
	12	2	2
	19	5	5
	14	3	3
	13	0	1
	17	0	1
	10	2	3
gravità media		**2,18**	**3,06**
MICROLIFE	20	2	4
	19	5	5
	23	1	3
	17	2	3
	21	2	2
	24	3	3
	16	3	1
	12	1	1
	1	1	2
	22	1	2
	18	5	5
	15	4	1
	11	2	2
	13	3	2
	6	3	3
	5	5	5
	9	3	4
gravità media		**2,7**	**2,82**

Le piante trattate con Microforce hanno conservato lo stesso stato fitosanitario rispetto al 2022 e valori di gravità media pressochè identici rispetto al 2022.

Tabella 6 - Stato fitosanitario delle piante di castagno relativamente al mal dell'inchiostro, registrato nel 2022 e nel 2023 dopo la distribuzione di Microforce.

Ammendanti organici	N° PIANTA	2022	2023
MICROFORCE	**21**	0	2
	2	2	4
	10	5	5
	11	5	5
	7	2	1
	1	5	5
	9	4	4
	4	0	1
	3	2	2
	15	4	4
	14	4	1
	12	4	3
	13	5	5
	21	0	2
	19	4	3
	22	2	2
	16	2	2
	20	3	2
	23	2	3
	5	4	2
	24	2	0
	8	2	4
gravità media		**2,86**	**2,82**

6 CONCLUSIONI

Il mal dell'inchiostro del castagno nelle Marche è oramai una malattia considerata endemica, continuando a devitalizzare individui in molti castagneti già sofferenti per le limitate precipitazioni e le alte temperature estive.

La presente tesi ha permesso di sperimentare l'impatto che tre concimi organici possono avere sui sintomi di mal dell'inchiostro. Il dato che emerge è che l'utilizzo di Microforce, Microlife e Pollinamatura, somministrati prima della ripresa vegetativa ha mantenuto pressochè stabile lo stato fitosanitario dei castagneti oggetto di studio. Non sono stati notati peggioramenti evidenti, né tanto meno differenze significative nell'efficacia tra i tre prodotti somministrati.

E' chiaro che dopo un anno solo di sperimentazione non possiamo trarre conclusioni esaustive, ma sappiamo dalla letteratura che la sostanza organica ha un ruolo fondamentale nel suolo soprattutto nell'attivare comunità microbiche che potrebbero avere un ruolo importante nella repressività dei suoli contro gli agenti di mal dell'inchiostro del castagno. Tale attività rientrando in un progetto triennale, avrà un seguito anche nei prossimi anni, a conclusione del quale mettendo insieme i risultati derivanti dalle diverse azioni previste potrà dare importanti risultati e concreti indirizzi contro questa importante malattia che si sta diffondendo diffusamente nelle Marche

7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Apruzzese A., Vai N., 2013*, Supplemento n. 54 rivista Agricoltura - ottobre 2013 La gestione biologica del castagno da frutto*

Biondi E., Ballelli S., Allegrezza M., Zuccarello V., 1995. *La vegetazione dell'ordine Brometalia erecti Br. -Bl. 1936 nell'Appennino (Italia)*. Fitosociologia 30: 3-45;

Biondi E., Casavecchia S., Pinzi M., Allegrezza M. & Baldoni M., 2002. *The syntaxonomy of the mesophilous woods of the Central and Northern Appennines (Italy)*. Fitosociologia 39 (2): 71-93;

Biondi E., S. Casavecchia, A. R. Frattaroli, S. Pesaresi, e G. Pirone. 2010. *La Vegetazione Forestale Del Parco Nazionale Del Gran Sasso e Monti Della Laga*. L'Italia Forestale e Montana, 699–735;

Bounous G., 2002, Il *castagno. Coltura, ambiente ed utilizzazioni in Italia e nel mondo*; 14-18, 23-26;

Chanson B, Leban JM., Thibaut B., 1989*, La roulure du ch'taigner (Castanea sativa Mill.). For. Méd. XI (1): 15 - 34.*

Castellotti T., 2011*, Situazione e prospettive della castanicoltura da frutto in Italia*

Descha e Dimic', 1986, *Minatrice fogliare dell'ippocastano Cameraria Ohridella*

Ferrari M., Marcon E., Menta A., 2006, *Fitopatologia, entomologia agraria e biologia applicata;*

Ferrini F. e Nicese F.P., 2022, *Descrizione del castagno europeo;*

GEOPORTALE NAZIONALE WMS - Rete Natura 2000 (SIC/ZSC e ZPS);

Guitian j., Guitián P., Magrach A., 2012 *The varietal characterization of Castanea sativa Mill. germplasm,* 8-9;

INFC, 2007a – Le stime di superficie 2005 – Prima Parte. Autori: G. Tabacchi, F. De Natale, L. Di Cosmo, A. Floris, C. Gagliano, P. Gasparini, L. Genchi, G. Scrinzi, V. Tosi. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAF – Corpo Forestale dello Stato – Ispettorato Generale, CRA – ISAFA, Trento.

IPCC 2014. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 1435*

I.P.L.A., 2001. Inventario e Carta Forestale della Regione Marche - I tipi forestali delle Marche;

Montecchio L., 2009, *il mal dell'inchiostro nel Veneto; indagine preliminare nel primo focolaio di rinvenimento*;

Moricca S, Benigno A., aglietti C., 2022, *Nuovi strumenti per la diagnosi dei parassiti del castagno;*

PARCO NAZIONALE DEI MONTI DELLA LAGA, PARCO NAZIONALE DEI MONTI DELLA LAGA, sic/zps it5210071, monti sibillini;

Propetto G., 2017, *Castanea sativa Mill;*

Raimondi M., 2019, *Il Castagno per il territorio: dalla sentieristica al paesaggio» Caratteristiche, qualità e problemi del legno di castagno, zone di provenienza, caratterizzazione dell'attuale castagno locale*. 12-20;

RETE ECOLOGICA (REM)- *arta degli Habitat di interesse comunitario (All.I dir 92/43/CEE) per l'intero territorio regionale scala 1: 50.000*;

RETE NATURA 2000 - Codice Natura 2000: IT5340019 Compreso nella ZPS: IT5330029;

RETE NATURA 2000: habitat 9260 - IT5340012 - Boschi ripariali del Tronto habitat 9260 - Boschi di *Castanea sativa;*

RETE NATURA 2000 - IT5340012 - Boschi ripariali del Tronto – habitat 6210* - Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo *(Festuco-Brometalia)* (*stupenda fioritura di orchidee);

RETE NATURA 2000- IT5340012 - Boschi ripariali del Tronto – habitat 92A0 - Foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba;*

RETE NATURA 2000- IT5340012 - Boschi ripariali del Tronto – habitat 5130 - Formazioni a *Juniperus communis* su lande o prati calcicoli;

RETE NATURA 2000 - IT5340012 - Boschi ripariali del Tronto – habitat 91E0* - Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae);*

Sabbatini Peverieri G., Simoni S., Liguori M., 2012, S*uitability of Quercus ilex pollen for rearing four species of phytoseiid mites.* 65;

Scanu B., 2014, *Studio sulle specie di Phytophthora presenti in ambienti forestali della Sardegna;*

Scanu B., Vannini A., Franceschini A., Vettraino A.M., Ginetti B., Moricca S., 2014, *Phytophthora spp. nelle foreste mediterranee;*

Turchetti T., Addario E., Maresi G., 2010*, Interazioni tra vespa del castagno e peronospora: una nuova criticità per il castagno.*

Ringrazio chiunque abbia partecipato
alla realizzazione di questa tesi,
tra i più importanti
il professor Murolo, Giorgio Maresi,
Francesca Carloni e Francesco Carosi