



LINEE GUIDA DI BUONE PRATICHE PER L'IDENTIFICAZIONE ED IL CONTROLLO DI ALCUNE MALATTIE COMUNI DEI BOSCHI MEDITERRANEI



Autori:

Sara Barberini
Álvaro Benito
Roberto Danti
Gianni Della Rocca
Priya Devasirvatham
Sergio Diez
Julio Diez
Giovanni Emiliani
Iván Franco
Angela Frascella
Zuleica García
José Mariano Igual

Sven Kallen
Sofía López
Olaya Mediavilla
Antonietta Mello
Marta Múgica
Jaime Olaizola
Álvaro Peix,
Maria Rodríguez
Ignacio Santa Regina
Stefano Secci
Laura Vaca
Francesco Venice

Salamanca, 2022.

Indice

1.	Prologo.....	5
2.	Malattie comuni delle foreste mediterranee e cambiamenti climatici.....	8
3.	Linee guida per l'identificazione visiva di alcune malattie comuni delle foreste mediterranee.....	10
3.1.	Il Cancro del Castagno.....	10
3.2.	Il Mal dell'Inchiostro del Castagno.....	13
3.3.	“La Seca” o deperimento del leccio, della sughera e di altre querce caducifoglie.....	16
3.4.	Marciume radicale e del legno dell'abete bianco	19
3.5.	Il Corebo della Sughera.....	23
3.6.	Il Cerambice della Quercia.....	26
4.	Azioni generali per il controllo delle malattie nei boschi mediterranei.....	30
4.1.	Inoculazione con microrganismi locali di biocontrollo.....	30
4.2.	Piantagione di vegetazione micorrizata.....	37
4.3.	Ammendamenti al suolo con calcare.....	39
4.4.	Diradamento selettivo.....	40
5.	Azioni specifiche per il controllo di alcune malattie delle foreste mediterranee.....	41
5.1.	Marciume radicale e del legno dell'abete bianco.....	41
5.2.	“La Seca” o deperimento del leccio, della sughera e di altre querce caducifoglie	42
5.3.	Mal dell'Inchiostro e Cancro corticale del Castagno.....	42
5.4.	Malattie causate dagli insetti del genere <i>Coraebus</i> y <i>Cerambyx</i>	45
6.	Bibliografia.....	52

1. Prologo

Nell'attuale contesto di cambiamento climatico che stiamo vivendo da alcuni anni, le foreste mediterranee sono minacciate da un'ampia varietà di fattori di stress di origine biotica e abiotica.

Periodi di siccità prolungata, temperature elevate e incendi boschivi stanno diventando sempre più frequenti nelle nostre foreste. Questi fattori di rischio abiotico sono stati accentuati a causa dell'abbandono rurale, poiché lo spopolamento porta a una diminuzione della pratica della selvicoltura tradizionale che storicamente ha contribuito a mitigare il rischio di incendi e altre minacce per la foresta.

Le nostre foreste sono inoltre soggette ad agenti di stress di origine biotica: parassiti e patogeni in grado di indebolire e persino distruggere le masse forestali, che, se colpite dall'azione di insetti e/o microrganismi patogeni, sono più suscettibili a loro volta ad ulteriori elementi di stress. La combinazione di questi elementi nocivi, mette in pericolo la salute e l'esistenza dell'intero ecosistema forestale.

Il progetto LIFE MycoRestore nasce con l'obiettivo di implementare diverse strategie per ottenere una gestione sostenibile delle foreste mediterranee e delle loro risorse. A tal fine, vengono utilizzate varie risorse micologiche innovative e pratiche di gestione forestale che consentono un migliore risultato economico, contribuendo nel contempo ad aumentare la resilienza e l'adattamento ai cambiamenti climatici delle foreste mediterranee in Spagna, Italia e Portogallo.

Grazie al lavoro congiunto delle istituzioni partecipanti al progetto, sia private (Volterra, Social-Forest, IDForest, Colquida, Mycelio) che pubbliche (Università di Valladolid, Consiglio Nazionale delle Ricerche in Italia (IPSP-CNR), Consiglio Superiore per la Ricerca Scientifica in Spagna (IRNA-

SA-CSIC)) si stanno compiendo progressi molto promettenti nelle tre azioni principali oggetto di questo progetto:

- 1) Micoselvicultura: sviluppare pratiche forestali tradizionali che contribuiscono alla sostenibilità, rigenerazione e salute della foresta.
- 2) Micocontrollo: sviluppare strategie di controllo biologico per combattere le malattie delle foreste mediterranee, utilizzando risorse micologiche innovative locali come agenti di biocontrollo.
- 3) Micoeconomia: migliorare l'economia rurale, aumentando la redditività delle foreste, promuovendone l'adattamento e la resilienza ai cambiamenti climatici. È dimostrato che l'uso di diversi servizi forestali, come legname e funghi, può essere effettuato in modo ciclico (bioeconomia circolare) per generare nuovo reddito e aumentare l'occupazione nelle aree rurali in un quadro di sviluppo sostenibile.

Nel contesto dello studio sulle malattie e i parassiti che colpiscono le foreste mediterranee nel progetto LIFE MycoRestore, abbiamo raccolto un compendio di informazioni e sviluppato buone pratiche per l'identificazione e il controllo di diverse malattie e parassiti.

Questa guida vuole essere una risorsa per guidare tutti coloro che cercano di proteggere e prendersi cura delle loro foreste attraverso pratiche efficaci e sostenibili dal punto di vista ambientale.

Il team di lavoro di LIFE MycoRestore si augura che il nostro contributo aiuti a migliorare la sostenibilità dei nostri ricchi spazi naturali e il loro utilizzo economico sostenibile.

2. Malattie comuni delle foreste mediterranee e cambiamenti climatici

Le foreste mediterranee coprono il 39% della superficie europea e forniscono una varietà di beni e servizi essenziali per il funzionamento degli ecosistemi terrestri. Oltre a fornire rifugi critici per la biodiversità, le foreste sono componenti centrali dei sistemi biogeochimici della Terra, importanti depositi di carbonio e una fonte di servizi ecosistemici essenziali per il benessere dei loro abitanti.

Secondo il Gruppo Intergovernativo di Esperti sui Cambiamenti Climatici, la regione mediterranea è una delle più vulnerabili agli impatti del riscaldamento globale. Il cambiamento climatico è la causa principale dell'aumento della temperatura globale del pianeta e, nello specifico, è direttamente responsabile dei rapidi e bruschi cambiamenti ambientali che sono attesi nel Mediterraneo.

Il cambiamento climatico pone nuove sfide alla regione mediterranea, causando problemi come

la mortalità degli alberi dovuta alla siccità e al calore estremo, l'aumento del rischio di incendi boschivi, la diffusione di specie invasive ed epidemie di parassiti e malattie. Questi eventi sono accompagnati da altri eventi meteorologici estremi come inondazioni e tempeste che stanno diventando sempre più frequenti.

In relazione alle malattie, l'aumento delle piantagioni ornamentali, il trasporto di alberi e legname, l'importazione di materiale vegetale e l'introduzione di specie esotiche espongono ulteriormente le aree forestali all'azione negativa di insetti e agenti patogeni, aumentando il rischio della loro diffusione nelle foreste naturali.

Le piante, essendo organismi incapaci di migrare, hanno un adattamento molto lento ai cambiamenti del regime termopluviometrico. Al contrario, la maggior parte degli organismi fitopatogeni (insetti e microrganismi) ha tempi di adattamento e riproduzione più brevi, il che ne favorisce l'azio-

ne contro le piante. I microrganismi patogeni possono causare mortalità e ridotta crescita negli alberi esposti a fattori di stress fisiologico poiché sono più vulnerabili. Di conseguenza, possono verificarsi notevoli danni ecologici ed economici con conseguenze durature o addirittura permanenti.

Il progetto LIFE MycoRestore ha studiato alcune delle malattie e sindromi che colpiscono i principali gruppi di specie arboree che compongono le foreste mediterranee, e che hanno subito un notevole incremento a seguito dei cambiamenti delle condizioni climatiche degli ultimi decenni.

In questa guida vengono incluse le informazioni per l'identificazione di alcune delle fitopatie più comuni nella foresta mediterranea e le buone pratiche che aiutano la loro gestione. Alcune di queste malattie sono causate da funghi patogeni, come il cancro del castagno e dell'inchiostro, la malattia de "La Seca" ovvero il deperimento di molte specie del genere *Quercus* (incluso leccio e sughera), o il marciume dell'abete bianco; e altre causati da insetti nocivi come i coleotteri del genere *Cerambyx* o *Coraebus* che possono attaccare leccio, sughera e altre querce caducifoglie.



3. Linee guida per l'identificazione visiva di alcune malattie comuni delle foreste mediterranee

3.1 Il Cancro del Castagno

È una pericolosa malattia causata dal fungo *Cryphonectria parasitica* che è incluso nell'elenco delle 100 specie aliene invasive più dannose al mondo. Attualmente questa malattia è diffusa ovunque e attacca la corteccia e i rami di tutti gli ordini di castagno, provocando il disseccamento della chioma. (Fig. 1). In Europa, la scoperta negli anni '80 di ceppi fungini con virulenza attenuata ha portato a un decorso più favorevole della malattia.

Nome: il cancro corticale del castagno identifica il tipo di sintomo (cancro) e i tessuti colpiti (tessuti corticali), nonché l'ospite a cui genera il danno maggiore (castagno).

Agente causale: il cancro corticale del castagno è causato dal fungo ascomicete *Cryphonectria parasitica* (Murril) M.E. Barr (noto anche come *Endothia parasitica*).



Figura 1. Disseccamenti della chioma in Castagno



Figura 2. Fase iniziale dell'infezione



Figura 3. Cancro ben sviluppato



Figura 5. Rametti epicormici

Sintomi: la corteccia interessata dal patogeno assume inizialmente un colore rossastro e un aspetto depresso, per poi spaccarsi longitudinalmente (Fig. 2). L'albero reagisce cercando di cicatrizzare il tessuto infetto, dando origine alla classica necrosi corticale, comunemente chiamata cancro (Fig. 3).

Le foglie appassiscono ma rimangono attaccate ai rami colpiti e la loro presenza durante la stagione vegetativa o in inverno è una tipica indicazione di un attacco di *C. parasitica* (Fig. 4). Al di sotto del cancro l'albero reagisce emettendo rametti epicormici (Fig. 5). Un altro sintomo della malattia è la presenza dei corpi fruttiferi giallo-arancio sulla superficie del cancro stesso, che provoca deformazioni dell'asse e screpolature della corteccia.



Figura 4. Rametto disseccato per cancro

Diffusione: all'inizio del '900 il fungo, originario dell'Asia, è stato introdotto casualmente negli Stati Uniti con piantine di castagni orientali, dando origine ad una pandemia che in 30 anni

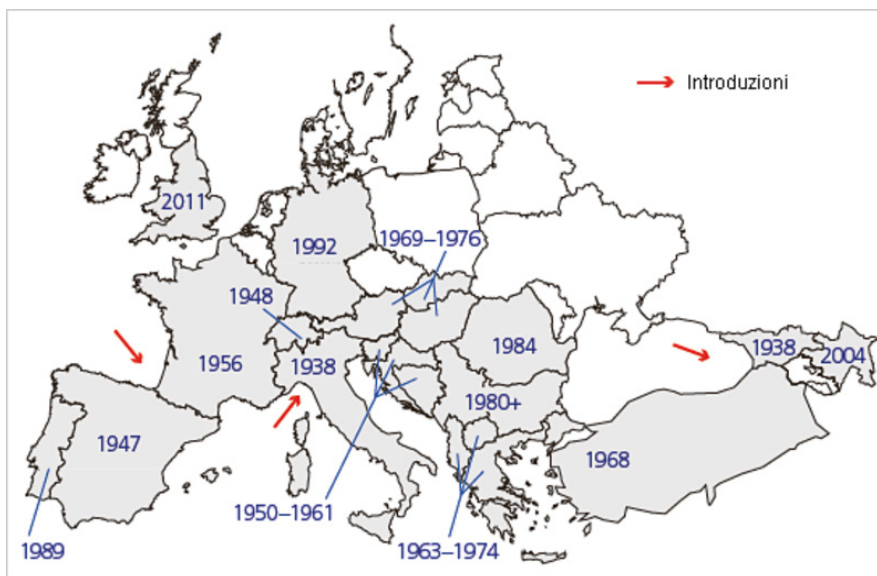


Figura 6. Diffusione del cancro del Castagno nel continente europeo

ha quasi completamente distrutto le estese popolazioni di castagno (*Castanea dentata*) degli Stati Uniti orientali. La malattia è stata scoperta anche in Europa, nell'entroterra di Genova, in Italia, nel 1938. Da allora, l'epidemia si è diffusa rapidamente in tutta l'Italia e nei paesi limitrofi (Fig. 6.)

A causa del commercio di piante e talee, la malattia si è diffusa su lunghe distanze.

La diffusione locale del fungo è dovuta alle spore asessuali (conidi) che, in condizioni di umidità ottimali, si liberano sotto forma di cirri filamentosi di colore giallo-arancio dai corpi fruttiferi (picnidi) che si producono sulla corteccia morta degli alberi. Queste spore sono trasportate passivamente dall'acqua piovana o da animali come

lumache, insetti o uccelli. Inoltre, le spore sessuali (ascospore) vengono attivamente espulse dalla struttura che le contiene (peritecio) e diffuse dal vento per distanze fino a poche centinaia di metri.

Quando i conidi e le ascospore raggiungono ferite fresche come microcretti da accrescimento, rami spezzati o ferite da potatura e innesto, possono penetrare nella corteccia e causare nuove infezioni.

3.2 Il Mal dell'Inchiostro del Castagno

È una malattia letale per il castagno i cui alberi adulti possono morire in 2-3 anni. Provoca marciume delle radici, necrosi corticale e, indirettamente, un forte deperimento della chioma.

Nome: il nome della malattia deriva dalla reazione della pianta all'infezione a livello del colletto, dove si osserva un'abbondante produzione di tannino, che ricorda il colore dell'inchiostro.

Agente causale: *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisman, (1927); (prevalente in Italia) e *Phytophthora cinnamomi* Rands. (prevalente in Spagna). Anche *P. cactorum* e *P. citricola* sono stati marginalmente associati al mal dell'inchiostro. L'agente patogeno appartiene al Regno Chromista, Phylum Oomycota.

Il genere *Phytophthora* (dal greco phyto = pianta e phthora = distruttore) definisce l'azione del patogeno sulla pianta.

Sintomi: come conseguenza della morte delle radici e delle conseguenze difficoltà di approvvigionamento nutritivo e idrico, la pianta colpita presenta microfilia e clorosi (Fig. 7) nelle foglie delle parti più alte della chioma che ingialliscono, si seccano e cadono prematuramente. Altri sintomi sono l'emissione di rami epicormici e, spesso, la permanenza nell'albero di ricci immaturi. (Fig. 8).



Figura 7. Microfilia e clorosi in Castagno affetto da Mal dell'Inchiostro

Infine, il sintomo più comune, anche se non sempre visibile, è la necrosi corticale, che di solito è accompagnata da essudazione di liquido nerastro in primavera e in autunno. Al sollevamento della corteccia si osserva una colorazione nerastro dei fasci vascolari xilematici a forma di fiamma, che risale dalle radici al colletto dell'albero (Fig. 9).

Diffusione: il mal dell'inchiostro è presente in molti paesi dell'Europa occidentale e del Mediterraneo (Fig. 10).



Figura 8. Ricci immaturi permangono sulla chioma

La malattia si trasmette su lunghe distanze a causa dell'uomo con il commercio e il trasporto di piante infette (es. ruote di trattori). Su brevi distanze, l'agente patogeno si diffonde attivamente nuotando (spore) attivamente verso le punte delle radici in terreni con ristagno idrico e passivamente secondo la direzione del flusso d'acqua durante i periodi piovosi.

Incidenza e fattori predisponenti: negli ultimi decenni, c'è stato un costante aumento dell'incidenza del mal dell'inchiostro in diversi paesi europei. Tale aumento è dovuto, almeno in parte, alla maggiore frequenza di inverni miti che non sono in grado di uccidere o disattivare le spore del patogeno. La presenza della malattia è maggiore nei terreni argillosi poveri, scarsamente aerati



Figura 9. Necrosi a colletto a forma di fiamma

con elevate concentrazioni di calcio scambiabile. Inoltre è più frequente nelle zone piovose e nelle esposizioni sud.



Country	Date of first record	Ink disease			Main <i>Phytophthora</i> species associated with ink disease
		Present	Absent	Unknown	
Italy	1917	+			<i>P. cambivora</i> , <i>P. citricola</i> , <i>P. cactorum</i> , <i>P. cinnamomi</i>
France	1924	+			<i>P. cinnamomi</i> , <i>P. cambivora</i> , <i>P. citricola</i> , <i>P. cactorum</i>
Spain	1726	+			<i>P. cinnamomi</i> , <i>P. cambivora</i>
Portugal	1838	+			<i>P. cinnamomi</i> , <i>P. cambivora</i> , <i>P. cactorum</i>
Greece	unknown	+			<i>P. cambivora</i>
Switzerland	1940	+			<i>P. cambivora</i> , <i>P. cinnamomi</i>
United Kingdom	1938	+			<i>P. cambivora</i> , <i>P. cinnamomi</i>
Turkey	1925	+			<i>P. cambivora</i>
Hungary	unknown	+			No information
Slovakia	1974	+			<i>P. cambivora</i> , <i>P. cinnamomi</i>
Romania	1985	+			<i>P. cambivora</i> , <i>P. cinnamomi</i>
Macedonian	unknown	+			No information
Azerbaijan	unknown	+			No information
Bosnia-Herzegovina			+		No information
Croatia			+		No information
Germany			+		No information
Austria				+	No information

Figura 10. Diffusione della malattia de 'La Seca' nell'Europa occidentale e mediterranea. (Vannini A, Vettrano AM *et al.* 2001)

3.3 “La Seca” o deperimento del leccio, della sughera e di altre querce caducifoglie

È una malattia emergente che colpisce numerose specie del genere *Quercus*. Attacca le radici dell'albero, uccidendole, e ne provoca la morte entro 4-6 anni dalla comparsa dei primi sintomi. Negli episodi acuti, la morte dell'albero può essere più rapida fino in soli 18 mesi.

Colpisce soprattutto querce mature e querce già indebolite da fattori ambientali, sebbene sia stata registrata anche in fase giovanile.

Nome: il deperimento è chiamato “La Seca” per la progressiva perdita di foglie simile a quella osservata nella parte aerea degli alberi colpiti da estrema siccità.

Agente causale: il principale agente patogeno responsabile è l'oomicete *Phytophthora cinnamomi*. Recenti studi nel Regno Unito hanno rivelato che nell'insorgenza della malattia sono coinvolte anche complesse interazioni biologiche, come le infezioni polimicrobiche che coinvolgono almeno tre batteri patogeni (*Brenneria goodwinii*, *Gibbsiella quercinecans* e *Rahnella victoriana*). Oggi è considerata una malattia multifattoriale, dove



Figura 11. Differenti ferite con essudato a forma di lacrima



Figura 12. Defogliazione e disseccamento di Querce affette da “La Seca”

intervengono fattori biotici come quelli citati e fattori abiotici come siccità, alte temperature, ecc.

Sintomi: l'attacco del patogeno provoca la distruzione della struttura radicale dell'albero, impedendogli di assorbire acqua e sostanze nutritive dal terreno. Nelle fasi iniziali si osservano imbrunimenti al colletto, avvizzimento, clorosi e disseccamento del fogliame, che rimane attaccato ai rami.

Con il progredire del deperimento, sul tronco si osservano ferite o cancri verticali essudanti un liquido scuro che scorrendo lungo il tronco gli

conferisce loro un aspetto sanguinolento (Fig 11). Sotto questo sanguinamento si formano lesioni tissutali necrotiche.

Nelle fasi finali si verifica la completa defogliazione della chioma degli alberi (Fig. 12).

Diffusione: l'agente patogeno *P. cinnamomi* si diffonde attraverso l'acqua, anche se in periodi di siccità può sopravvivere attraverso la formazione di clamidospore. Quando le condizioni sono favorevoli, le clamidospore germinano e producono miceli e sporangi, che rilasciano zoospore capaci di infettare le radici degli alberi. Queste

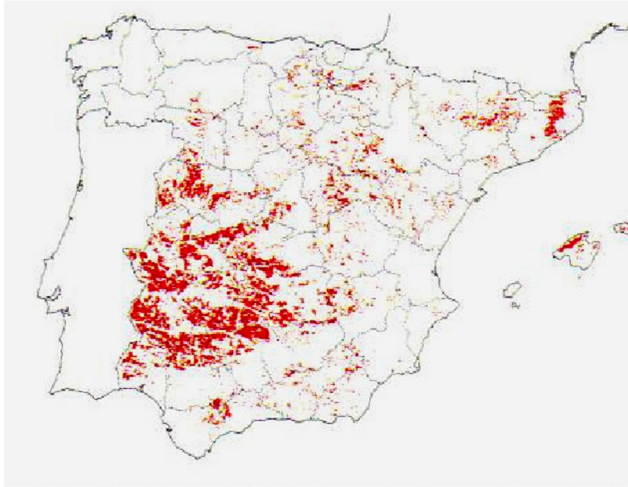


Figura. 13. Mappa della distribuzione de “La Seca” in Spagna (Soriano Martín et al., 2004)

zoospore sono in grado di nuotare attraverso l’acqua contenuta negli spazi interstiziali del suolo. La malattia può essere trasmessa anche su lunghe distanze attraverso il commercio di piante infette.

Incidenza e fattori predisponenti: focolai de “La Seca” sono stati segnalati nell’Inghilterra meridionale, gran parte dell’Europa continentale, Medio Oriente e America.

In Spagna interessa la maggior parte delle masse forestali di querce (*Quercus ilex*) e quercia dei Pirenei (*Quercus pyrenaica*). La sua incidenza è maggiore in Extremadura, con notevoli focolai in Castilla y León, Castilla-La Mancha e Catalogna

(Figura 13).

Tra i fattori abiotici che predispongono al deperimento, spiccano gli ambienti temperati e gli improvvisi cambiamenti delle condizioni di umidità del suolo, come siccità prolungate o ristagni idrici. Gli alberi nei terreni sabbiosi sono più suscettibili alle condizioni di siccità, mentre l’accumulo di acqua è più frequente nei terreni argillosi e compatti dove si crea un ambiente anaerobico che indebolisce l’albero e provoca marciume radicale.

3.4 Marciume radicale e del legno dell'abete bianco

La malattia può essere causata da specie fungine appartenenti ai generi *Heterobasidion* (ex *Fomes*) e *Armillaria* separatamente o in combinazione. Entrambi i patogeni causano marciume radicale e del legno nella parte interna del tronco (duramen) (Fig. 14). Spesso non si osservano evidenti sintomi esteriori di infezione fino a quando la malattia non è in stato avanzato. Le piante il cui tronco rimane cavo nella porzione basale per



Figura.14. Marciume all'interno del tronco

azione del/i patogeno/i, finiscono per morire o si rompono a causa di eventi atmosferici anche non troppo intensi. (Fig. 15).

Questa malattia è tipica delle piantagioni che si trovano al limite delle condizioni ecologiche dell'abete soprattutto quando piantati in aree non forestali. Queste aree, non presentando le caratteristiche ecologiche ottimali (temperatura, umidità, tipo di terreno, microbioma), rendono le piante più inclini a malattie causate da patogeni opportunisti.



Figura 15. Rottura di tronchi indeboliti

Nome: il nome della malattia descrive il sintomo più importante di questa malattia che è la putrefazione delle radici e del tronco degli abeti.

Agente causale: la malattia è causata da due agenti patogeni: *Heterobasidion abietinum* Niemelä & Korhonen (1998), che è specifico per le specie *Abies alba* e *Abies pinsapo*, e *Armillaria ostoyae* (Romagnesi) Herink (1973) che è il basidiomicete che causa il marciume bianco fibroso delle conifere in generale.

Il nome specifico del fungo *Heterobasidion*, *H. abietinum*, si riferisce all'ospite di questa specie, che sono appunto gli abeti suddetti, mentre il nome del genere *Armillaria* deriva dalla presenza della "armilla" ovvero l'anello sul gambo del fungo molto vistoso e persistente, svasato e libero verso l'estremità (parziale residuo di velo).

Entrambi i patogeni sono funghi basidiomiceti (Basidiomycota), parassiti e poi anche saprofiti.

Sintomi: *H. abietinum*. Le infezioni si verificano attraverso le radici, che si estendono poi al colletto dell'albero e possono raggiungere i 5-6 m di altezza nel tronco. La perdita della funzionalità radicale provoca spesso lo sradicamento delle piante senza che queste mostrino particolari sintomi di sofferenza, poiché il fungo si diffonde necrotroficamente nella zona più giovane del legno (alburno) degli alberi vivi, ma poi cresce nella parte interna più dura (durame). Nelle zone del

colletto più umide e poco esposte si può osservare il corpo fruttifero del fungo (carpoforo) perenne crostoso o con margine irregolare di aspetto e consistenza inconfondibile (Fig. 16). Si trova spesso sotto o all'interno delle cavità di piante già morte.

A. ostoyae – Scortecciando il colletto degli alberi infetti, si può osservare il tipico feltro cotonoso bianco crema a forma di ventaglio caratteristico di questa specie che va dalla base del tronco verso



Figura 16. Carpoforo di *Heterobasidion abietinum*

l'alto (Fig. 17). Inoltre si presenta un caratteristico odore di muffa. Talvolta si possono osservare cordoni miceliali marroni (rizomorfe) nelle infezioni più vecchie (Fig. 18). I carpofori dall'aspetto tipico si sviluppano in gruppi di numerosi individui (famiglie) alla base degli alberi durante l'autunno (Fig. 19). Sintomi generici di sofferenza sull'intera



Figura 17. Micelio di *A. ostoyae* sotto corteccia di un albero



Figura 18. Rizomorfe di *A. ostoyae* in un vecchio tronco



Figura 19. Carpofori di *A. ostoyae* in un'abetina



Figura 20. Abete bianco morto per *A. ostoyae*

pianta, visibili solo nella fase terminale delle infezioni, possono comprendere ingiallimento diffuso delle foglie e disseccamento della chioma (Fig. 20), fioritura e fruttificazione abbondanti seguite spesso dalla morte dell'albero.

Diffusione: *H. abietinum*. Il fungo si diffonde attraverso spore (basidiospore) che sono in grado di penetrare nell'albero attraverso tagli recenti, ferite al colletto o attraverso le radici in un intervallo di temperatura compreso tra 5 e 35 °C. Le infezioni nelle fustaie di abete dense e coetanee si diffondono rapidamente a "macchia d'olio" dagli alberi infetti agli alberi sani per anastomosi radiali. Solo occasionalmente la colonizzazione avviene attraverso radici fini.

A. ostoyae è un fungo che sopravvive su materiale legnoso al suolo come tronchi caduti e poi si diffonde tramite spore nell'aria o rizomorfe nel terreno. È un fungo capace di penetrare nell'ospite attraverso ferite alle radici, alla base del tronco, a livello del colletto o attraverso gli apici radicali.

Incidenza e fattori predisponenti: la diffusione di *H. abietinum* è problematica su suoli precedentemente dedicati all'agricoltura o al pascolo; o in quegli ambienti dove non è presente un microbioma complesso con altri funghi benefici e antagonisti naturali.

A. ostoyae è particolarmente aggressivo sulle piante indebolite da esposizione a periodi di ari-

dità prolungata o ristagni idrici. Le condizioni ideali per lo sviluppo di *Armillaria* sono l'elevata umidità del suolo e lo scarso drenaggio dell'acqua.

3.5 Il Corebo della Sughera

Il corebo della quercia da sughero, note anche come “corebo del sughero” è una specie di coleottero la cui larva attacca solo la quercia da sughero. La sua larva si nutre del giovane sughero fino al cambio, che è responsabile della produzione di nuovi strati di sughero verso l'esterno e di nuovi strati di legno verso l'interno dell'albero. Ciò provoca un notevole danno economico svalutando notevolmente il prezzo del sughero estratto.

Nome: la malattia è chiamata in spagnolo “culebrilla” per la forma delle gallerie larvali, che sono lunghe e sinuose. L'epiteto “del sughero”, con cui è noto questo parassita, indica il danno più notevole causato dalla malattia, poiché influisce negativamente sulla qualità del sughero ad uso commerciale.

Agente causale: l'insetto causa della problematica è *Coraebus undatus* (Fig. 21), un coleottero polifago della famiglia *Buprestidae*. L'individuo adulto (immagine) è lungo circa 15 mm, allungato, di forma ellittica, di colore verde con brillanti macchie blu scuro e numerose bande trasversali a zigzag verde-argento sul dorso. Ha antenne di pochi millimetri. Normalmente la ovideposizione consiste in un solo uovo o talvolta in gruppi. Le uova sono di forma sferica e di colore bianco-verdastro. La larva è allungata, lunga circa 34 mm e di colore giallastro. La pupa è di colore biancastro, con occhi scuri.



Figura 21. *Coraebus undatus* (Ángel Martínez)

Sintomi: i sintomi più caratteristici dell'attacco di *C. undatus* sono le gallerie (Fig 22) che le larve scavano all'interno del tronco dell'albero e che si trovano solitamente tra 50 cm e 150 cm di altezza dal suolo. Queste gallerie sono visibili durante la raccolta del sughero, hanno una larghezza media



Figura 22. Effetto “herpes” in Sughera.

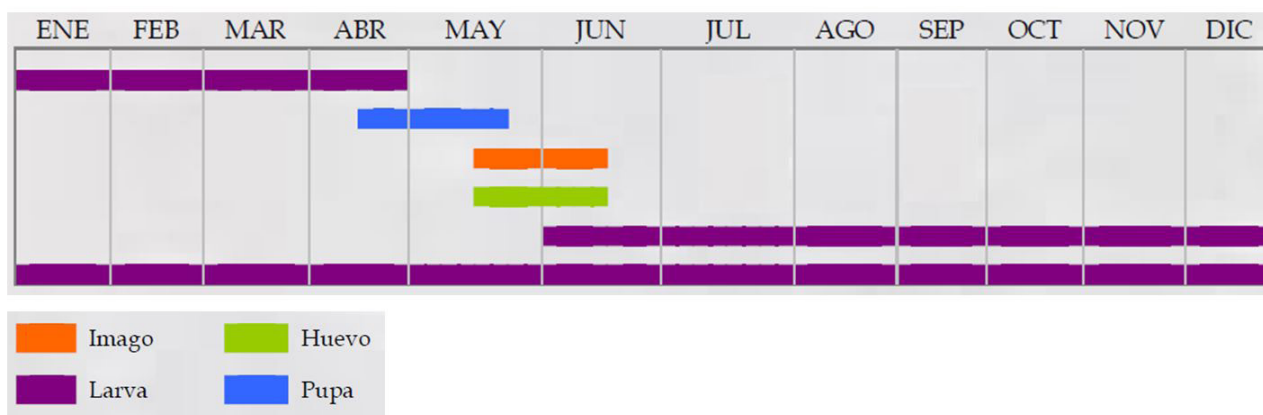


Figura 23. Ciclo biologico di *Coraebus undatus*. Fonte: Giunta dell'Extremadura.

di 3-4 mm di diametro e possono raggiungere una lunghezza di 1,8 m, incrociandosi occasionalmente tra di se.

In alcuni casi, la presenza di larve di *C. undatus* può essere vista dall'essudazione di linfa dall'interno verso l'esterno del sughero e che si presenta sotto forma di macchie biancastre.

Incidenza e fattori predisponenti: l'insetto è distribuito in tutta l'Europa centrale e meridionale, in Nord Africa e in tutta la Spagna. Le zone più favorevoli all'insetto sono le zone collinari aride o le zone soleggiate dove l'effetto del parassita può essere potenziato poiché il vigore degli alberi è inferiore rispetto alle zone umide e ricche di nutrienti. Infatti, lo scarso flusso di linfa sugli alberi malati facilita la crescita delle larve di *C. undatus*.

Ciclo biologico: lo stadio larvale dura due o tre anni a seconda della temperatura e si sviluppa completamente all'interno delle querce da sughero. Durante questo periodo le larve creano gallerie che aumentano di spessore man mano che crescono.

Nei mesi freddi rimangono nascosti in queste gallerie, impupandosi in primavera ed emergendo sotto forma di immagine nei mesi di maggio e giugno. Gli adulti vivono circa 20 giorni durante i quali si accoppiano rimanendo nascosti nelle fessure degli alberi.

Dopo l'accoppiamento, la femmina depone le uova nelle fessure più profonde della corteccia delle querce da sughero. Dopo dieci o venti giorni, le larve si schiudono e iniziano a creare gallerie verso l'interno dell'albero dove ricominciano

il ciclo (Fig. 23).

Danni: Il danno causato da questo parassita è quello che provoca nella fase larvale, poiché durante questa fase perforano il sughero, incidendo in vari modi:

1. Le gallerie compaiono nei diversi strati interni del sughero, svalutandone notevolmente il prezzo.
2. Nelle zone del tronco interessate dalle gallerie, lo strato madre del sughero cresce in modo amorfo, dando luogo in futuro ad un sughero irregolare.
3. Durante la decortica, le aree dove sono presenti le gallerie rimangono attaccate all'albero, producendo ferite di difficile guarigione, dove si interrompe la produzione di sughero, facilitando a sua volta l'ingresso di altri parassiti e funghi.

Esiste un'altra specie di *Coraebus* che colpisce la quercia da sughero e altre quercine, *C. florentinus*, che non crea gallerie nel sughero ma provoca la gallerie nei rami dove proliferano le larve che, danneggiando i fasci vascolari che trasportano la linfa, causano il disseccamento dei rami in varie specie di querce.

3.6 Il Cerambice della Quercia

Le larve del cerambice della querce e del leccio (*Cerambyx* spp.) si nutrono del legno delle parti indebolite o morte di diverse specie di latifoglie, specie quelle del genere *Quercus*. Nello specifico attaccano principalmente lecci (*Quercus ilex*) e sughere (*Quercus suber*), ma possono attaccare anche altre specie, provocando gravi danni agli sistemi agro-silvo-pastorali chiamati “dehesa”.

Nome: il nome della malattia in spagnolo “tala-dro” (= trapano), definisce il modo in cui le larve penetrano all’interno dell’albero, perforando il sughero e il legno.

Agente causal: la malattia è causata principalmente da due specie di *Cerambyx*, *C. cerdo* e *C. welensii*, quest’ultima probabilmente la più diffu-

sa. *Cerambyx welensii* è una specie di coleottero xilofago di grandi dimensioni. Le dimensioni degli individui adulti (immagini) variano tra 50 e 60 mm di lunghezza. In questa fase hanno un colore marrone scuro che schiarisce all’estremità posteriore. I maschi si distinguono dalle femmine per avere antenne che superano il corpo in lunghezza. Il dimorfismo sessuale in questa specie si nota dal fatto che le femmine sono più grandi dei maschi. Entrambi i sessi hanno mascelle forti, antenne con undici articolazioni e artigli sulle zampe che gli consentono di muoversi e aggrapparsi alla corteccia degli alberi. (Fig. 24 e 25)

Le larve misurano tra 6-9 cm (Fig. 26), superano le dimensioni degli individui adulti, hanno un colore biancastro, hanno forma cilindrica e segmenti corporei ben marcati. Le pupe hanno un colore bianco perla che si scurisce con l’avanzare

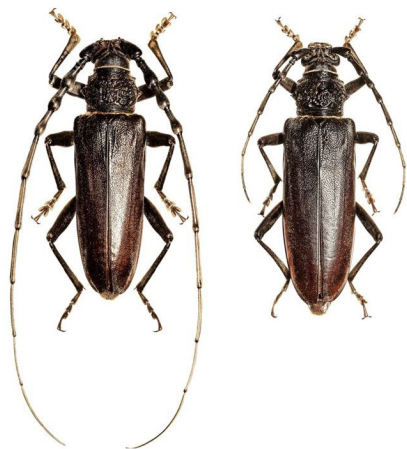


Figura 24 e25. *Cerambyx welensii* maschio (a sinistra) e femmina (a destra).

della fase di sviluppo, sono grandi e hanno un aspetto simile a quello degli adulti.



Figura 26. Larva de *Cerambyx*

Come accennato, i danni possono essere causati anche da un'altra specie strettamente imparentata, *C. cerdo*, che ha lo status di protetto dall'UE, quindi in questo caso i meccanismi di controllo sono molto limitati.

Sintomi: *C. welensii* depone le uova su tronchi di alberi sani o malati di diametro superiore a 30 cm. Uno dei sintomi della presenza attiva di *Cerambyx* è l'accumulo di segatura sotto i fori di uscita dell'insetto. Attraverso queste aperture si possono osservare essudati di linfa di colore scuro, oltre alla presenza di legno triturato per la formazione di gallerie.

Un altro sintomo è distacco della corteccia nelle zone in cui si trovano le gallerie, causata dalla

mancanza di circolazione della linfa. La dimensione delle gallerie può raggiungere i 4 cm di diametro e i 70 cm di lunghezza, disegnando uno zig-zag che penetra all'interno del tronco.

Incidenza e fattori predisponenti: é presente nell'Europa meridionale, compresa tutta la Spagna, principalmente in Extremadura e Andalusia. Gli attacchi di *Cerambyx* sono solitamente associati ad alberi indeboliti a causa di stress abiotici come la siccità o stress biotici come l'infezione da altri microrganismi. Allo stesso modo, gli individui con ferite causate da potature mal fatte, decortiche o ferite, favoriscono la semplice penetrazione delle larve all'interno del tronco.

Le Dehesa sono particolarmente suscettibili agli attacchi di *Cerambyx* che sono favoriti da una gestione inadeguata, sia da potature eccessive, lavorazioni che danneggiano l'albero o da raccolte sconsiderate senza rispettare i turni. Inoltre, la maggior parte degli alberi presenti nelle dehesas sono alberi vetusti, particolarmente inclini ad essere attaccati.

Ciclo biologico: nelle specie *Cerambyx* le generazioni si susseguono ogni due o tre anni e il ciclo biologico varia a seconda delle condizioni climatiche (Fig. 27). L'emergenza degli adulti per accoppiarsi inizia a giugno e termina a fine settembre. Gli adulti concentrano la loro attività nel tardo pomeriggio o di notte in cerca di cibo, composto principalmente da linfa e frutti fermentati. Le

femmine depongono le uova isolate color avorio all'interno della corteccia del tronco o su rami di grandi dimensioni.

Le larve emergono pochi giorni dopo l'ovideposizione e sono dotate di forti mascelle che usano per farsi strada attraverso gli strati più esterni della corteccia. Quindi scavano una grande galleria fino a raggiungere lo xilema dell'albero per nutrirsi. All'aumentare della dimensione delle larve all'interno del tronco, aumenta anche il diametro delle gallerie. Dopo aver completato il suo sviluppo, la larva costruisce una galleria verso l'esterno per poi tornare all'interno del tronco dove si impupa nei mesi di maggio/giugno. Infine, gli adulti emergono durante il mese di giugno.

Danni: il danno è causato dalle larve di *Cerambyx* quando costruiscono le gallerie (Fig. 28) e si nutrono del legno degli alberi colpiti. Sono lesioni molto caratteristiche e facili da identificare, ma è molto difficile conoscere la specie che causa il danno. Occasionalmente, le larve si insinuano

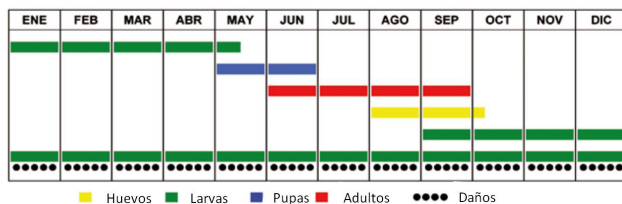


Figura 27. Ciclo biologico di *Cerambyx welensii*. (Governo di Aragona, 2006)

nelle radici degli alberi situati su pendii o terreni erosi, dove parte dell'apparato radicale è esposto e riscaldato dal sole.

La formazione delle gallerie distrugge i tessuti vascolari della pianta. Questo accade soprattutto in primavera e in autunno quando le larve cercano le zone soleggiate del tronco. L'azione delle larve provoca un progressivo indebolimento dell'albero in cui si possono osservare il disseccamento e la caduta dei rami, per la perdita di resistenza del legno forato e la frammentazione nella zona basale del tronco (Fig. 29).

Le gallerie di alimentazione e i fori di uscita degli adulti sono una perfetta via di ingresso per funghi patogeni e altri insetti la cui azione accelera il decadimento dell'albero. Questi parassiti attaccano preferenzialmente alberi vecchi e indeboliti, ma nel caso di popolazioni di *Cerambyx*



Figura 28. Gallerie di *Cerambyx* in *Quercus*

molto numerose possono essere colpiti anche alberi giovani e sani.



Figura 29. Danni causati su *Quercus pyrenaica* da *Cerambyx* spp

4. Azioni generali per il controllo delle malattie nei boschi mediterranei

Di seguito sono spiegate alcune tecniche di controllo che possono essere generalmente applicate per aiutare a controllare agenti patogeni e parassiti. Queste pratiche sono state sviluppate e applicate nelle varie aree dimostrative del progetto LIFE MycoRestore.

4.1 Inoculazione con microrganismi locali di biocontrollo

Funghi del genere *Trichoderma*

I funghi del genere *Trichoderma* sono funghi ubiquitari a crescita rapida, molto comuni nei suoli agricoli e forestali in tutte le zone climatiche. Sono spesso considerati agenti di biocontrollo poiché sono microrganismi che esercitano un effetto benefico sulla pianta ospite e prevengono la colonizzazione di altri microrganismi patogeni nelle radici.

Questo genere comprende il 50% di tutte le specie fungine utilizzate nel controllo biologico

grazie alla capacità di produrre enzimi litici extracellulari con attività antifungina come cellulasi e chitinasi e più di 100 metaboliti con attività antibiotica come la ciclosporina. I funghi del genere *Trichoderma* agiscono come micoparassiti e come competitori o inibitori dei microrganismi fitopatogeni nelle piante.

Preparazione dell'inoculo

L'inoculo degli agenti di biocontrollo appartenenti al genere *Trichoderma* studiato nell'ambito del progetto LIFE MycoRestore viene preparato miscelando due substrati:

- a. un substrato solido
- b. un substrato liquido

a. Il substrato solido (“grain spawn” in inglese) è costituito da paglia e semi di miglio, avena decorticata, colza, lino e canapa (prodotto commerciale per l'alimentazione degli uccelli)(Fig. 30).



Figura 30. Substrato solido di *Trichoderma* sp. pronto per l'inoculazione



Figura 31. Grain spawn (in paglia e semi vari) di *Trichoderma* sp.



Figura 32. Preparazione di inoculo liquido di *Trichoderma* sp.



Figura 33. Coltivazioni di 3 settimane di differenti specie di *Trichoderma*

Questo substrato deve essere sterilizzato e miscelato con inoculi del fungo vivo e lasciato incubare per 3 settimane in modo che il fungo possa crescere e formare spore (Fig. 31). Le spore vengono raccolte mediante lavaggio con acqua, e si mescolano ai resti solidi che verranno aggiunti al substrato liquido in una tanica da fornire alle piante il giorno stesso dell'utilizzo.

b. Il substrato liquido viene preparato in condizioni sterili inoculando il fungo in un brodo nutriente commerciale (Potato Dextrose Broth (PDB)) e incubando per 2 settimane in agitazione (Fig. 32). Successivamente si tritura in tutto il contenuto del brodo e si aggiunge nella stessa tanica in cui si trova il substrato solido aggiungendo acqua fino a raggiungere un volume finale di 5 litri (Fig. 33). In questo modo l'inoculo finale è costituito da una grande quantità di spore, sub-

strato colonizzato da *Trichoderma* (semi e paglia) e frammenti di micelio. Una tanica da 5 litri è sufficiente per l'inoculazione di una pianta.

Funghi ectomicorrizici

I funghi ectomicorrizici sono microrganismi che si trovano naturalmente nel suolo e formano associazioni con le radici di molte piante. Alcuni di questi funghi, come il tartufo, i lattari o i boletti, colonizzando le radici, formano corpi fruttiferi (carpofori) che hanno anche un alto valore commerciale.

A differenza dei funghi del genere *Trichoderma*, questi funghi stabiliscono associazioni simbiotiche con le piante a beneficio di entrambi gli organismi. Da un lato, le piante forniscono gli zuccheri necessari per il fungo, mentre quest'ultimo fornisce nutrienti e minerali alla pianta.

Questa associazione migliora sia l'assorbimento di acqua e nutrienti dalle radici, sia la nutrizione della pianta e la sua tolleranza allo stress, generando un ecosistema dotato di maggiore resilienza e capacità di adattamento a condizioni avverse. Inoltre, genera un maggior beneficio economico derivato dalla vendita dei carpofori delle specie pregiate.

4.1.1) Strategie per l'inoculazione di funghi ectomicorrizici e *Trichoderma*

Nell'ambito del progetto LIFE MycoRestore sono state effettuate due tipologie di inoculo: inoculazione di funghi del genere *Trichoderma* per via aerea e inoculazione di funghi ectomicorrizici e *Trichoderma* nel terreno.



Figura 34. Atomizzatore a benzina

a. Inoculazione di *Trichoderma* per via aerea

Nelle parcelle dimostrative del progetto, l'inoculo *Trichoderma* è stato applicato per via aerea utilizzando un atomizzatore motorizzato (Fig. 34) con una potenza sufficiente per poter irrigare l'intero tronco, i rami e le foglie (Fig 35). Questa operazione va svolta in una giornata senza pioggia e con bassa umidità ambientale e preferibilmente a metà mattinata per evitare che la rugiada impedisca un'adeguata adesione dell'inoculo sulle foglie. L'applicazione può essere effettuata tutto l'anno, ma si consiglia di farla nella stagione primaverile-estiva per favorire la crescita del fungo. Questa pratica può essere utile per proteggere l'albero dai patogeni che possono penetrare per via aerea, come il cancro del castagno.



Figura 35. Inoculazione aerea in Sughera

Per inoculare gli alberi, viene preparato un inoculo da ceppi nativi di *Trichoderma* con una concentrazione iniziale di 108 spore/mL. Un litro di questo inoculo concentrato può essere utilizzato per trattare circa 30 alberi adulti con chiome di 5-8 m di diametro. Ciò garantisce un'elevata concentrazione di spore per albero, superiore a 109 spore/albero.

b. Inoculazione di funghi al suolo

Inoculazione con *Pisolithus tinctorius* e *Trichoderma* al suolo.

Pisolithus tinctorius (Fig. 36) è un fungo micorrizico senza valore culinario, che fruttifica dalla primavera al tardo autunno in terreni poveri di calcare e silicei di tutta la Penisola Iberica. Ha una tendenza termofila e preferisce i climi temperati. Forma associazioni ectomicorriziche con un'ampia varietà di specie appartenenti alle famiglie *Pinaceae* (pini), *Fagaceae* (leccio, sughera, altre querce) o *Cistaceae* (cisti).

È noto che *P. tinctorius* forma un esteso micelio extra radicale in grado di trasportare l'acqua alle radici della pianta ospite, mitigando gli effetti dello stress idrico. È una specie rustica che può favorire i suoi ospiti anche in condizioni di grave stress da siccità. Ciò è rilevante nel contesto dell'attuale cambiamento climatico, poiché la siccità indebolisce gli alberi e li rende più sensibili alle malattie causate da agenti patogeni come *Phyto-*



Figura 36. *Pisolithus tinctorius*

phthora o a parassiti come *Cerambyx*.

Si consiglia di effettuare le inoculazioni ad alberi di età superiore ai 5 anni, con un apparato radicale sufficientemente sviluppato. Tuttavia, possono essere applicati anche su piantine o polloni che abbiano meno di 5 anni.

Per l'inoculazione nel terreno, è necessario realizzare 5 piccoli scavi a trincea per albero sotto forma di raggi che si irradiano dal tronco fino all'estremità della proiezione della chioma (Fig. 37).

Le fossette devono essere larghe 30-40 cm e profonde 15 cm, togliendo prima la copertura erbacea (Fig. 38). Questo può essere fatto manualmente con una zappa o con un piccolo aratro di un trattore. L'inoculo di *P. tinctorius* è applicato negli scavi insieme a quello di *Trichoderma* (Fig.

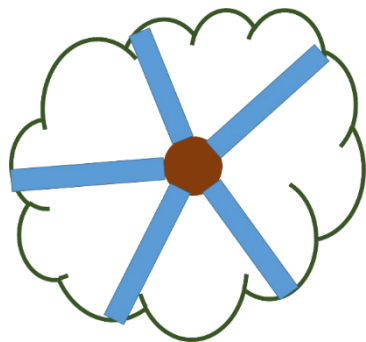


Figura 37. Schema di realizzazione di scavo per le inoculazioni



Figura 38. Fosse di scavo in forma radiale



Figura 39. Applicazione di *Trichoderma*

39). Successivamente l'inoculo viene ricoperto con il terreno naturale di scavo e abbondantemente annaffiato.

Si consiglia di effettuare le inoculazioni in primavera o in autunno, sfruttando la temperatura mite del terreno.

Inoculazione con tartufo bianchetto (*Tuber borchii*) o tartufo estivo (*Tuber aestivum*)

Il tartufo bianchetto o *Tuber borchii* (Fig. 40) è un tartufo commestibile, molto apprezzato nella ristorazione e dal settore agroalimentare per i prodotti gourmet.

Questa specie di tartufo cresce associata a numerose specie arboree, come alcuni pini (*Pinus pinea*, *P. pinaster* e *P. nigra*), nocciolo (*Corylus avellana*), pioppo nero (*Populus nigra*) o castagno (*Castanea sativa*). Questo tartufo può crescere su terreni a pH acido-neutro e con tessitura franca o franco-sabbiosa. A volte può essere trovato in terreni argillosi. In generale, si trova solitamente in luoghi con precipitazioni superiori a 500 mm all'anno.

Il tartufo estivo o *Tuber aestivum* (Fig. 41), è un tartufo commestibile apprezzato per il suo gradevole aroma che si manifesta in estate quando non sono disponibili altre specie di tartufo nell'emisfero settentrionale.



Figura 40. *Tuber borchii*

Questa specie di fungo si sviluppa in associazione con il leccio (*Quercus ilex*), *Q. faginea* o il pino nero (*Pinus nigra*). Questo tartufo può crescere su terreni con pH maggiore di 7. Inoltre, può svilupparsi in terreni franchi, franco-argillosi-limosi e franco-argillosi. In termini di fabbisogno di precipitazioni, può svilupparsi su terreni con precipitazioni annue di circa 400 mm.

Si consiglia di effettuare le inoculazioni di *T. aestivum* e *T. borchii* su alberi di età superiore ai 5 anni con radici sviluppate.

Per entrambe le specie di tartufo si possono effettuare inoculazioni nel terreno praticando da 5 a 12 buche attorno all'albero con una superficie di 40 x 40 cm e una profondità di 40 cm. Il numero di fori dipenderà dalle dimensioni dell'albero. (Fig. 42)



Figura 41. *Tuber Aestivum*

Si raccomanda che queste buche siano equidistanti l'una dall'altra e all'incirca dentro il perimetro della proiezione della chioma. In ogni buca vengono introdotti 3 litri di substrato tartufigeno specifico TuberGold (Pindstrup), una dose di inoculo di spore di buona qualità e l'equivalente di 8 grammi di tartufo fresco maturo. Questo inoculo viene miscelato manualmente con una zappa in modo omogeneo con il substrato e una parte di terreno di scavo (0,5 L). Questa miscela viene poi ricoperta da uno strato di terra di scavo (Fig. 43). Questi punti di inoculo possono essere realizzati anche senza substrato (in terreni tendenzialmente sabbiosi), semplicemente sostituendo il substrato con il terriccio naturale estratto e mescolandolo bene con la stessa dose di inoculo. Se è presente un'elevata presenza di cinghiali nella zona, si consiglia di proteggere questi punti di inoculo con rete metallica fitta, per evitare danni.

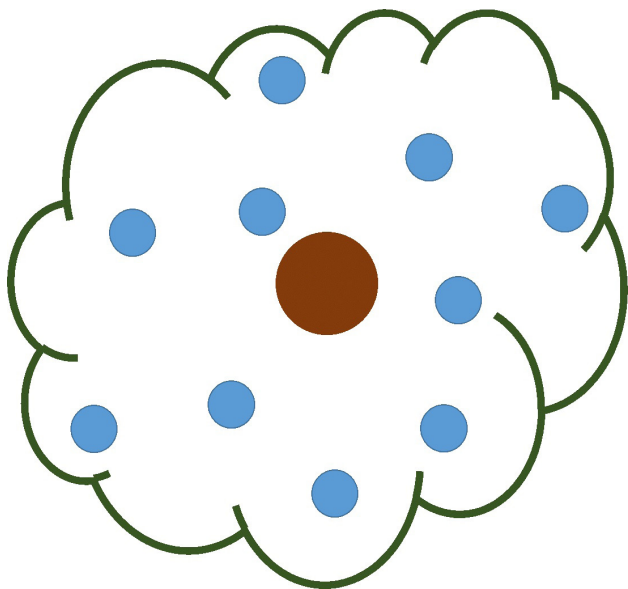


Figura 42. Schema di inoculazione

Le inoculazioni di *T. borchii* sono consigliate in primavera quando le temperature non superano i 25 °C. Inoltre, i punti di inoculo devono essere annaffiati tra i mesi di settembre e gennaio nel caso in cui il terreno sia asciutto a causa delle scarse precipitazioni. I risultati di queste inoculazioni sotto forma di frutti possono manifestarsi due anni dopo l'inoculazione.

Si consiglia di 'rinforzare' le inoculazioni, aggiungendo più inoculo (5 g di tartufo fresco/punto di inoculo) nello stesso punto di inoculo verso la fine della primavera.

Per *T. aestivum* è conveniente inoculare in primavera o nei mesi di settembre-ottobre.



Figura 43. Mix di inoculo e substrato

È importante innaffiare i punti di inoculo da settembre a giugno, solo se il terreno si asciuga a causa delle scarse precipitazioni. I risultati in termini di fruttificazione possono si hanno solitamente due anni dopo l'inoculazione.

Si consiglia di rinforzare le inoculazioni, aggiungendo più inoculo nello stesso punto di inoculo intorno a luglio-agosto.

4.2 Piantagione di vegetazione micorrizata

Un'altra utile strategia di inoculazione nei casi in cui la bassa densità di alberi renda necessario il rimboschimento è quella di effettuare piantagioni con alberi già micorrizzati in vivaio. Si tenga presente che quando il disboscamento e, di conseguenza, una bassa densità di alberi per ettaro è causato da malattie e morte degli alberi, è conveniente effettuare rimboschimenti con piante micorrizzate, diversificando il bosco, cioè alternando agli alberi presenti, altre specie arboree non sensibili o meno sensibili al patogeno, per interrompere o ostacolare la diffusione dell'agente causale e quindi controllare la malattia. Nell'ambito del progetto LIFE MycoRestore, nelle parcelle dimostrative, sono state piantate specie forestali micorrizzate con diverse tipologie di tartufo. L'elenco delle specie da scegliere è determinato dalle caratteristiche degli appezzamenti. Per esempio, alcune possibili combinazioni per gli ecosistemi dehesa sono:

Quercus ilex x *Tuber melanosporum*

Quercus ilex x *Tuber aestivum*

Pinus pinea x *Lactarius deliciosus*

Per queste specie si possono effettuare due diversi tipi di piantagione: piantagioni protette con cocoon o senza cocoon (speciale tipologia di protettore).

Il cocoon è una 'deposito' d'acqua costituita da materiali organici (cellulosa, residui di colture o erba e altri composti) progettata per garantire la sopravvivenza delle piantine durante il primo anno di impianto. Questa struttura fornisce protezione termica alla pianta fornendole acqua e stimolandola a sviluppare radici sane e profonde. (Fig. 44)

Piantagioni con cocoon

- Praticare fori profondi 25 cm e larghi 50 cm.
- Piantare l'alberello al centro della buca, in modo che rimanga al di sotto della superficie.
- Inserire il cocoon, riempiendolo d'acqua fino alla linea indicata.
- Riempire di terra il buco e posizionare il tappo.
- Infine, attorno al tutto posizionare un protettore di rete metallica (shelter).

Piantagioni senza cocoon

- Vengono realizzati fori di circa 20x20 cm.
- L'albero è posto al centro della buca e coperto di terra.
- Infine, attorno ad esso viene posizionato un protettore di rete metallica.

Il posizionamento di protettori di rete metallica ha lo scopo di prevenire il morso del bestiame o degli animali selvatici (Fig. 45).



Figura 44. Fotografia di un cocoon che protegge una piantina e un protettore a rete metallica intorno ad esso.



Figura 45. Piantine senza cocoon con protettore in zona di pascolo

4.3 Ammendamenti al suolo con calcare

Gli ammendanti calcarei su terreni acidi hanno lo scopo di correggere il pH rendendo maggiormente disponibile lo ione calcio nel terreno.

Per questa correzione si può utilizzare carbonato di calcio, in polvere o granulato, o solfato di calcio (gesso agricolo)(Fig. 46). Quest'ultimo è più solubile e quindi reagisce meglio con la pioggia e penetra più in profondità. Entrambi i prodotti sono relativamente economici e facili da applicare con mezzi meccanici.

È molto importante conoscere il pH iniziale del terreno e la sua tessitura, poiché questi due parametri condizioneranno le dosi da applicare annualmente. Non è consigliabile aumentare il pH di oltre 1 punto all'anno, poiché un improvviso aumento di questo parametro può portare al rilascio di altri elementi nel terreno con effetti tossici per le piante.

Con questo tipo di ammendamento si ottengono due effetti che si intende dimostrare in questo progetto:

Da un lato si raggiunge un pH che favorisce lo sviluppo delle specie di biocontrollo *Tuber borchii* e *T. aestivum*.

In secondo luogo, si ottiene antagonismo contro il fungo fitopatogeno *P. cinnamomi* poiché lo

ione calcio ne ostacola la crescita.

Si consiglia ammendare tra settembre-ottobre o prima delle piogge primaverili. Si consiglia di valutare annualmente il pH del terreno alla fine dell'estate, e di mantenere il livello desiderato anno dopo anno, fornendo ad ogni terreno la dose di cui ha bisogno



Figura 46. Applicazione di solfato di calcio

4.4 Diradamento selettivo

Nelle foreste ad alta densità di alberi, l'eccessiva estensione delle chiome che rende difficile l'ingresso della luce nel suolo, insieme alla competizione degli alberi tra loro, possono far sì che crescano meno forti e più vulnerabili malattie. Per questo una strategia utile è il diradamento selettivo, che favorisce la rigenerazione forestale, permette agli alberi di crescere più vigorosi e più forti, e quindi più resistenti alle malattie (Fig. 47). Questa pratica selvicolturale contribuisce anche a ridurre il rischio e la rapida diffusione degli incendi boschivi, riducendo la biomassa verticale di combustibile.

Inoltre il corretto mantenimento di boschi e dehesas 'puliti', mediante potature che non arrechino danno agli alberi e rispettando la rotazione tra pascolo e riposo, è un modo indiretto efficace per prevenire possibili malattie.

Nel caso in cui il bosco sia già colpito da qualche malattia, il diradamento selettivo può essere concentrato su esemplari malati e sintomatici (tagli fitosanitari), eliminando così le fonti di infezione e la diffusione della malattia.

L'abbattimento degli alberi colpiti deve essere effettuato dopo l'esecuzione di analisi adeguate che consentano di sapere con certezza che la pianta è infetta. I tagli si potranno realizzare una volta ottenute le eventuali autorizzazioni ammi-

nistrative necessarie.

E' fondamentale che dopo la potatura di alberi infetti, gli attrezzi utilizzati vengano regolarmente disinfettati passandoli alla fiamma o con alcool al 70%, al fine di prevenire la diffusione della malattia; lo smaltimento del materiale di risulta derivante dalla potatura e degli alberi rimossi dovrà essere realizzato in conformità con la normativa vigente per garantire le misure necessarie alla prevenzione della diffusione di una data malattia. Il monitoraggio dell'andamento di una data malattia in foresta fornirà indicazioni della necessità di tagliare o potare più individui.



Figura 47. Diradamento selettivo in un bosco di castagno (*Castanea sativa*)

5. Azioni specifiche per il controllo di alcune malattie delle foreste mediterranee

Questa sezione descrive in dettaglio alcune tecniche specifiche che possono essere applicate a determinate malattie, nonchè adottate nel progetto LIFE MycoRestore per ciascuna malattia e/o parassita.

5.1 Marciume radicale e del legno dell'abete bianco

Nel corso del progetto sono state effettuate prove di controllo biologico, inoculando sia funghi ectomicorrizici locali *Lactarius salmonicolor*, *Laccaria laccata*, *Amanita* sp., sia ceppi locali di *Trichoderma* spirale e *T. longipile*, ottenendo ottimi risultati con alcuni di essi.

Per quanto riguarda la lotta agronomica, si consiglia di evitare monoculture di abete bianco nei terreni ex agricoli e in stazioni eccessivamente aride. Nei rimboschimenti è conveniente evitare una elevata densità di piantagione della stessa specie, preferendo l'alternanza ed il mix di specie

diverse.

Sebbene l'eradicazione della malattia sia molto difficile da ottenere nelle piantagioni monospecifiche, al momento di effettuare tagli fitosanitari, oltre a rimuovere gli alberi colpiti, sarebbe necessario isolare le radici dell'ospite infetto e rimuovere anche parte delle radici di alberi limitrofi apparentemente sani. Le buche risultanti andrebbero lasciate aperte ed esposte ai raggi UV del sole, e sarebbe consigliabile sanificare il terreno con calce viva in polvere.

Nel Progetto LIFE MycoRestore, nessun tipo di fungicida chimico è stato utilizzato per la cura delle malattie studiate. Nel caso di *A. ostoyae*, che causa marciume radicale e legnoso nell'abete comune, non vi è possibilità di un efficace controllo chimico perché si sviluppa nella parte interna del legno ed a causa delle strutture di resistenza del patogeno (rizomorfe).

In malattie come il mal dell'inchiostro di castagno causato da *Phytophthora cambivora* o *P. cinnamomi*, l'applicazione di fungicidi è raramente in grado di controllare l'agente patogeno perché gli oomiceti sono scarsamente correlati ai funghi. In ogni caso i fungicidi potrebbero essere efficaci solo se applicati all'inizio dello sviluppo della malattia. Inoltre, l'applicazione di fosfiti di potassio nel terreno o tramite iniezioni nel tronco sono tecnicamente costose.

5.2 “La Seca” o deperimento del leccio, della sughera e di altre querce caducifoglie

In LIFE MycoRestore, come già accennato, viene proposta l'inoculazione di funghi micorrizici come *Tuber aestivum* e *Pisolithus tinctorius*, che contribuiscono ad aumentare la biodiversità e a migliorare le condizioni del suolo. È ancora allo studio l'uso di funghi endofitici come *Trichoderma viride* che possono esercitare un effetto antagonista su *P. cinnamomi*. Viene anche presa in considerazione l'inoculazione con batteri che migliorano l'efficacia della simbiosi micorrizica, come *Pseudomonas fluorescens*, che producono altresì auxine favorevoli ai processi di crescita della pianta ospite e facilitano la solubilità di nutrienti come il fosforo.

L'aggiunta di ioni calcio al calcare mediante ammendamento del terreno circostante le querce colpite è stata effettuata per invertire il pH acido del terreno e inibire la produzione di zoospore da

parte di *P. cinnamomi*.

Inoltre sono state realizzate nuove piantagioni protette da shelter in rete metallica (cactus protettori 'cactus'), soprattutto nelle zone di dehesa con intensa attività zootecnica e bassa densità arborea, con diverse specie di pini e querce con l'obiettivo di limitare la diffusione di *P. cannella*.

Altre misure per il trattamento de “La Seca” includono la redistribuzione del carico di bestiame per evitare il compattamento del suolo, ridurre il trasporto umano della malattia dalle aree infette, evitare allagamenti temporanei del suolo favorendo il drenaggio e limitare l'uso di macchinari che potrebbero causare lesioni alle radici.

5.3 Mal dell'Inchiostro e Cancro corticale del Castagno

Tra i casi studiati nell'ambito del progetto LIFE Mycorestore, il castagno è l'unico per il quale esistono programmi di miglioramento genetico efficaci che hanno portato alla creazione di ibridi con una certa resistenza al cancro, generati principalmente da incroci tra il castagno europeo (*C. sativa*) e il castagno giapponese (*C. crenata*). La maggior parte di questi ibridi sono di origine francese. Esistono anche varietà prodotte in Svizzera (Brunella, Marowa e Golino) e si ritiene che vengano piantate in zone a clima mite con suoli acidi. Il problema di questi ibridi sono le caratteristiche organolettiche dei frutti, che non sono

molto apprezzate dal consumatore europeo.

Castanea crenata e *C. mollissima* sono invece resistenti al mal dell'inchiostro e sono stati utilizzati come ibridi con *C. sativa* per creare portainnesti ("Marsol", "Maraval", "Ferosacre", "Marigoule", "Marlhac"). Tuttavia, alcuni esemplari resistenti si sono rivelati incompatibili con cloni di castagno comune (*C. sativa*).

Il mal dell'inchiostro del Castagno

I siti di penetrazione dell'infezione da *Phytophthora* sono gli apici radicali. Per questo motivo è stata studiata la possibilità di utilizzare funghi ectomicorrizici che, associati alle radici come micorrizze simbiotiche, possono essere in grado di proteggere gli alberi dalla malattia.

Nell'ambito del progetto LIFE MycoRestore sono state effettuate prove di controllo biologico inoculando nei castagneti funghi ectomicorrizici quali *Pisolithus tinctorius*, *Tuber borchii*, *Cortinarius sp.*, *Ebeloma sp.*; nonché inoculazioni con *Trichoderma* locali (*T. aperellum*, *T. koningiopsis*, *T. koningii*, *T. hamatum*), avendo trovato alcuni ceppi che hanno dimostrato un'elevata efficacia. È stato osservato che molti organismi associati alla rizosfera del castagno possono inibire *Phytophthora*: *Laccaria laccata*, *Hebeloma crustuliniforme*, *H. sinapizans* e *Paxillus involutus*; *Byssosclamyces sp.* e batteri del genere *Bacillus*.

Nell'ambito della lotta agronomica è importante favorire il drenaggio del suolo regolando il deflusso delle acque, evitare spostamenti di terreno dalle zone malate a quelle sane e mantenere vigoroso lo stato vegetativo delle piante.

Dai primi anni 2000, ricercatori italiani si sono resi conto che distribuendo attorno alle piante letame di origine bovino e avicolo, ricco di azoto e fosforo, si migliora la salute degli alberi malati. Si conclude che i risultati benefici ottenuti erano correlati all'effetto sulla comunità microbica del suolo e alla presenza di *Trichoderma viride* e *T. harzianum*.

Il Cancro del Castagno

C. parassita presenta carattere essenzialmente saprofita, quindi è in grado di sopravvivere nei tessuti legnosi morti della pianta o nel suolo anche per diversi anni. Questo tipo di strategia del patogeno deve essere preso in considerazione per attuare modalità di controllo della malattia volte a ridurre l'inoculo.

Controllo biologico: dagli anni '80 in Italia si è cominciato ad osservare dei cancri che sembrano essere in remissione. Da questi cancri furono isolati ceppi del patogeno che presentavano una virulenza e produzione di conidi ridotta e pigmentazione diversa rispetto ai ceppi virulenti normali e che sono stati chiamati ceppi ipovirulenti (hv).

La caratteristica che definisce i ceppi hv è quella di essere infettati da un ipovirus RNA a doppia filamento che si replica nel citoplasma fungino. Questo virus è responsabile della perdita di patogenicità di *C. parasitica* hv che rimane confinato negli strati esterni della corteccia mentre i vasi conduttori dell'albero non sono influenzati. L'albero è in grado di reagire isolando i tessuti infetti attraverso la formazione di un callo cicatriziale. Così si generano cancri passivi, lenti nella crescita e superficiali, che non hanno risultato letale per l'albero. Si parla allora di cancri cicatrizzati o cicatrizzati. Questo fenomeno naturale ha rappresentato un'opportunità determinante per lo sviluppo di tecniche di controllo biologico del patogeno rispettose dell'ambiente e sostenibili.

Il virus può passare da un ceppo ipovirulento a un ceppo virulento compatibile per anastomosi

ifale (fusione di micelio) che può verificarsi quando due ceppi appartengano allo stesso gruppo di compatibilità vegetativa (GCV).

Di conseguenza, l'incompatibilità vegetativa tra ceppi di *C. parasitica* può limitare la diffusione dell'ipovirus e quindi è molto importante conoscere la diversità del patogeno in ogni regione. Poiché l'ipovirulenza si trasmette tra ceppi compatibili, la lotta biologica sarà più utile quanto minore è la diversità della popolazione del patogeno. La condizione essenziale per il successo dei trattamenti è l'uso di ceppi ipovirulenti degli stessi GCV dei cancri presenti nel popolamento, per garantire il trasferimento del virus ed evitare un aumento del GCV in campo.

Riassumendo, la lotta biologica al cancro corticale del castagno è realizzata con applicazio-



Figura 48. Differenti fasi di inoculazione artificiale di ceppi ipovirulenti di *Cryphonectria parasitica* in un castagneto

ne manuale di un mix di ceppi ipovirulenti di *Cryphonectria parassita* per assicurare la trasmissione e la diffusione dell'ipovirus nell'ambiente. È importante riconoscere e conservare i cancri causati da ceppi ipovirulenti già presenti per favorire la diffusione naturale dell'ipovirulenza.

Nel contesto del progetto LIFE MycoRestore sono stati selezionati ceppi ipovirulenti di *C. parassitica* locali per la conversione dei ceppi virulenti e per il controllo della malattia (Fig. 48). Questi ceppi presentano due caratteristiche essenziali: una vasta gamma di convertibilità e di propagazione rapida.

5.4 Malattie causate dagli insetti del genere *Coraebus* y *Cerambyx*

L'applicazione di insetticidi chimici nelle foreste crea resistenza nei parassiti bersaglio e comporta problemi di tossicità per l'uomo e l'ambiente a causa del loro accumulo.

Inoltre, i trattamenti chimici non sono molto efficaci per il biocontrollo di parassiti come *Cerambyx* e *Coraebus*, poiché la maggior parte del ciclo biologico di questi insetti si sviluppa come larve protette dal sughero. Le immagini emergono in superficie solo durante la fase adulta, ma non tutti gli esemplari lo fanno contemporaneamente ed è la fase di sviluppo che dura di meno. Ciò renderebbe necessari trattamenti continuativi per brevi periodi di tempo, tecnicamente ed

economicamente onerosi.

Inoltre, il sughero è un prodotto utilizzato nell'industria alimentare, quindi l'uso di insetticidi è sconsigliato.

Per questo, nel progetto LIFE MycoRestore, sono state utilizzate tecniche più rispettose dell'ecosistema per affrontare due dei parassiti che colpiscono le foreste mediterranee. Nello specifico, sono stati utilizzate cassette-nido di biodiversità per il biocontrollo dei Cerambicidi (*Cerambyx*) e del Corebo (*Coraebus*) nella sughera. Sono inoltre state utilizzate delle trappole per monitorare la densità di popolazione di entrambi gli insetti.

Cassette-nido di biodiversità

Le cassette per la biodiversità sono un tipo di cassette-nido in grado di fornire riparo a diverse specie insettivore, in modo da consentire alle loro popolazioni di svilupparsi e riprodursi in sicurezza.

Esistono diversi tipi di queste cassette con diverse dimensioni e gradi di complessità. Quelle che sono state utilizzate nel progetto LIFE MycoRestore per la loro versatilità e unicità, sono i nidi che hanno più cavità separate dove possono nidificare uccelli insettivori, pipistrelli e diversi tipi di insetti benefici per l'ecosistema, inclusi impollinatori, vespe predatrici e parassiti degli insetti (Fig 49 e 50). Queste specie sono predatori naturali di

parassiti che causano gravi problemi all'ecosistema. I nidi consentono il controllo di questi insetti in modo naturale senza dover ricorrere all'uso di pesticidi, migliorando la qualità dell'ecosistema e aumentando la biodiversità delle specie di insetti nelle aree dove sono collocati.

I nidi hanno diverse cavità

- La cavità superiore ospita uccelli insettivori (come la cincialella, la cincia o il picchio muratore), in grado di eliminare le larve di diverse specie di insetti, come quelle di *Cerambyx*, attraverso la predazione. Ciò è

particolarmente utile nei confronti di *Cerambyx cerdo*, poiché queste scatole per la biodiversità rappresentano metodi di controllo naturali compatibili con il loro stato di protezione da parte dell'UE, che impedisce l'uso di agenti insetticidi e altri metodi di controllo o eliminazione di questa specie.

- La cavità inferiore ospita i pipistrelli, animali notturni in grado di controllare le popolazioni di diverse specie di insetti, riducendo così la pressione sulle specie arboree.
- Nella parte inferiore e superiore sono presenti cavità più piccole che consentono lo



Figura 49. Cassette-nido di biodiversità in Sughera



Figura 50. Cassette-nido collocate in *Quercus pyrenaica*

sviluppo e albergano diverse specie di insetti come bombi, vespe o ragni.

Per favorire un controllo naturale di *Cerambyx* e *Coraebus*, durante il progetto LIFE MycoRestore sono stati collocati cassette-nido di biodiversità, al fine di facilitare l'alloggio di nemici naturali di questi parassiti come uccelli insettivori che si nutrono di un gran numero di larve e aiutano così a controllarne la popolazione. Queste box sono state progettate per mimetizzarsi con l'ambiente e non causare inquinamento visivo. In questo modo sono anche più attraenti per le specie che possano abitarle.

Trappole per la cattura di insetti

Le trappole sono strumenti volti a conoscere e monitorare la presenza di un parassita in bosco, e allo stesso tempo aiutano ad esercitare un controllo diretto su questi insetti nocivi. Esistono trappole non specifiche, progettate per intercettare gli insetti volanti attraverso schermi o attirarli verso collettori collocati sotto sorgenti luminose.

È anche possibile trovare trappole specifiche che vengono integrate con sostanze semiochimiche per aumentarne la specificità verso un particolare tipo di insetto.

I semiochimici sono composti chimici prodotti da un organismo e coinvolti nella comunicazione tra gli esseri viventi. Queste sostanze, quando percepite dagli insetti, si traducono in segnali che

li aiutano a trovare un compagno o li informano dell'esistenza di cibo o pericolo. I semiochimici sono classificati in due gruppi:

- I **feromoni** colpiscono solo gli individui della stessa specie di quello che li emette (effetto intraspecifico).
- Gli **allelochimici** sono efficaci tra specie diverse (effetto interspecifico). Questi a loro volta sono classificati in base alla risposta che si genera nell'organismo produttore e/o ricevente:
 - Alomoni: favorevole all'emittente.
 - Cairomoni: favorevole al destinatario
 - Sinomoni: favorevole sia per il mittente che per il destinatario.

A seconda del tipo di reazione che si genera nell'organismo, i semiochimici possono essere attrattivi o repellenti (agendo sui recettori dell'olfatto), stimolanti o dissuasivi (inducendo o inibendo un determinato comportamento).

Un aspetto fondamentale della gestione di parassiti con semiochimici è il tipo di trappola scelta, che deve essere efficiente a basse densità di popolazione, specifica, economica e di facile utilizzo. Conoscere la gamma di efficacia di ciascuna trappola è importante per evitare interazioni tra le trappole che potrebbero essere ridondanti o ridurre la funzionalità. Negli studi comparativi è anche importante standardizzare la posizione, l'altezza e la densità delle trappole poste.

Secondo l'obiettivo finale, le strategie di gestione dei parassiti con composti semiochimici possono essere raggruppate in due classi:

- follow-up o monitoraggio, se si cercano informazioni al fine di supportare il processo decisionale;
- controllo diretto sull'organismo nocivo, se l'obiettivo è limitare la presenza dell'agente eziologico della malattia.

Strategie di monitoraggio. Si basano sull'attrazione e la cattura di insetti in trappole con attrattivi. In generale, non è necessario includere l'identità completa del feromone naturale. La semiochimica utilizzata deve essere sufficientemente specifica da evitare l'attrazione di specie simili che potrebbero portare a errori nella stima del monitoraggio e la sua velocità di emissione deve essere adeguata e costante.

Il monitoraggio delle popolazioni di insetti utilizzando reti di trappole stabili ha un ampio numero di applicazioni:

- Rilevazione di specie a bassa densità di popolazione.
- Preallarme della comparsa di parassiti esotici o in quarantena nelle spedizioni transfrontaliere (delimitare le aree di infestazione).
- Documentare il periodo di attività di volo degli individui adulti.
- Determinare la dispersione degli adulti

marcatura, rilascio e ricattura.

- Determinare i rapporti preda/predatore come valutazione del rischio di pullulazioni negli Scolytidae.

Strategie di controllo diretto dei parassiti. Le tattiche più comuni sono l'interruzione dell'accoppiamento, la cattura di massa e la manipolazione della popolazione:

Interruzione o confusione dell'accoppiamento

Si basa sull'interruzione della comunicazione olfattiva per impedire ai maschi di accoppiarsi con le femmine e ridurre la popolazione nella generazione successiva. È particolarmente applicabile ai lepidotteri.

Eradicazione della popolazione o cattura di massa

L'obiettivo è ridurre direttamente la popolazione del parassita, estraendo dalla foresta il maggior numero di individui catturati nelle trappole, o colonizzando alberi o tronchi esca. Questa strategia è adatta per quelle specie in cui maschi e femmine sono attratti da ormoni semiochimici, come Scolytidae o Monochamus.

Nel progetto LIFE Mycorestore sono state installate due diverse tipologie di trappole per la Cerrambicidi e il Corebo della sughera

Trappole a cairomoni per *Cerambyx welensii*

Per stimare la densità di popolazione di *Cerambyx* e cercare di controllare l'espansione della popolazione, sono state utilizzate trappole a cairomone. Gli adulti di *Cerambyx welensii* iniziano ad emergere all'inizio dell'estate, quindi posizionare trappole a feromoni tra giugno e luglio è un'opzione efficace per controllare la loro popolazione. Tutte le trappole con esca sono state installate con il distributore commerciale denominato Econex cerambyx 60 days. La trappola utilizzata, fornita dalla stessa azienda commerciale e denominata Econex cerambyx disposable trap, è una bottiglia d'acqua da cinque litri, il cui collo è stato tagliato e girato su se stesso a imbuto sul corpo della bottiglia. Questa bottiglia ha una corda che

abbraccia l'albero e rimane a contatto con il tronco, facilitando così la cattura degli insetti (Fig. 52).

Cerambyx spp. compie il suo volo di dispersione a pochi metri dal suo albero di emersione (al massimo 500 metri dal suo albero natale (Austriach, 2016) e di solito rimane nello stesso albero. Considerando ciò, la trappola andrà posizionata nel tronco dell'albero esposto a nord per evitare le alte temperature. Questo tipo di trappola è molto efficace perché permette il rilascio di insetti vivi, tra i quali eventuali esemplari della specie di *C. cerdo* che possono essere attratti e possono essere rilasciati vivi se le trappole vengono controllate ogni 5 giorni durante il periodo di installazione (Fig. 53).



Figura 52. Trappole con attrattivo di tipo cairomone per *Cerambyx welensii*



Figura 53. Controllo periodico e pulizia delle trappole per liberare eventuali esemplari di *C. cerdo* che potrebbero essere stati catturati

Trappole di intercettazione per *Coraebus undatus*

I dispositivi di cattura cromatica, come quelli utilizzati nel progetto LIFE MycoRestore (Fig. Purple Traps), si basano sull'installazione di trappole a prisma triangolare. Durante il progetto sono state utilizzate per attirare insetti del genere *Coraebus* perché è stato dimostrato che hanno una certa capacità attrattiva dovuta al loro colore viola. Le trappole sono poste in aree di vegetazione aperta, ma il più vicino possibile agli alberi da proteggere. Per fare ciò, la trappola è fissata ad alcune aste di ferro che ne consentono il sollevamento da terra e la libera collocazione nel sito prescelto (Fig. 53).



Figura 53. Trappole di intercettazione per *Coraebus*

Le trappole sono cosparse di colla in bosco, con un prodotto resistente da esterno, adatta a catturare un insetto delle dimensioni di *Coraebus* (Fig. 54).

Va notato che nonostante la leggera attrazione di questo insetto per il colore viola, con questa trappola da sola si ottengono poche catture. Gli attrattivi volatili con erogatori sono in fase di sperimentazione, ma non sono ancora commercializzati, quindi è necessario attendere che questi test ne dimostrino l'utilità e diventino disponibili sul mercato per aumentare l'efficacia di queste trappole.



Figura 54. Incollaggio ed etichettatura di trappole intercettatrici

6. Bibliografía

Ahanger RA, Bhat HA, Bhat TA, Ganie S, Lone AA, Wani IA, Ganai SA, Haq S, Khan OA, Junaid JM. Impact of climate change on plant diseases. 2013. *International Journal of Modern Plant and Animal Sciences* 2013; 1(3):105-15.

Berrocal M, Gallardo F, Cardeñoso JM. *El Castaño*. 1998. Ed. Mundi-Prensa. 288 págs.

Bouchard C, Dibernardo A, Koffi J, Wood H, Leighton PA, Lindsay LR. Climate change and infectious diseases: the challenges. 2019. *Canada Communicable Disease Report*; 45(4):83.

Capretti P, Ragazzi A. *Elementi di Patologia Forestale*. 2014. Ed. Pàtron. 432 págs.

Chase K. Factors of oak decline. *Bartlett Tree Experts*. <https://www.bartlett.com/resources/factors-of-oak-decline.pdf>. Consultado el 4 de febrero de 2022.

Dalya LB, Capretti P, Ghelardini L, Jankovský L. Assessment of presence and distribution of *Armillaria* and *Heterobasidion* root rot fungi in the forest of Vallombrosa (Apennines Mountains, Italy) after severe windstorm damage. 2019. *iForest-Biogeosciences and Forestry*; 12(1):118.

Denman S. Acute oak decline. *Forest Research*. <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/acute-oak-decline/>. Consultado el 4 de febrero de 2022.

Dirección General del Medio Natural Servicio de Coordinación y Planificación Forestal. Gobierno de Aragón. *Informaciones técnicas 2/2006. Longicornios perforadores de los Quercus. *Cerambyx cerdo* linnaeus y *C. welensii* (küster) coleóptero. Fam. Cerambycidae.* https://distrito-forestal.es/images/Biblioteca/Perforadores_de_Quercus._Cerambyx_cerdo_y_C._Welensii.pdf. Consultado el 5 de febrero de 2022.

El-Sayed AM. The Pherobase: Database of pheromones and semiochemicals. 2014. The Pherobase. Obtenido de <http://www.pherobase.com>. Consultado el 6 de febrero de 2022.

El-Ghany NMA. Semiochemicals for controlling insect pests. 2019. *Journal of Plant Protection Research*; 59(1):1-11.

FAO and Plan Bleu. State of Mediterranean Forests 2018. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Plan Bleu, Marseille. Ed. FAO & Plan Bleu. 308 págs.

Gajera H, Domadiya R, Patel S, Kapopara M, Golakiya B. Molecular mechanism of *Trichoderma* as bio-control agents against phytopathogen system—a review. 2013. *Current Research in Microbiology and Biotechnology*. 1:133-42.

Gobierno de Extremadura. Consejería de Empleo, Empresa e Innovación. Fichas fenológicas *Cerambyx welensii*.

http://observatoriodehesamontado.com/documents/20181/86220/Fichas-fenologicas_cerambyx_welensii_COMP.pdf/214661a3-ca8e-4aa7-acbb-b818af036b26. Consultado el 5 de febrero de 2022.

González G , González AJ. En El chancro del castaño en Asturias. *Tecnología agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA*. 2006. Ed. Seri-

da; 3:45-47

Gupta V, Schmoll M, Herrera-Estrella A, Upadhyay R, Druzhinina I, Tuohy M. *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. 2014. Ed. Elsevier. UK. 568 págs.

Hartmann G, Nienhaus F, Butin H. En *Atlante di Patologia Vegetale Forestale*. Ediz. illustrata (Muzzio scuola). 1992. Ed. Franco Muzzio Editore. 266 págs.

Khullar S, Reddy MS. En: *Ectomycorrhizal diversity and tree sustainability. Microbial Diversity in Ecosystem Sustainability and Biotechnological Applications*. 2019. Ed. Springer, Singapore. Págs. 145-166.

Martínez A. *Coraebus undatus* (Fabricius, 1787): Hembra Poniendo Huevos. 2010. Málaga, España. https://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/details.php?image_id=131300. Consultado el 5 de marzo de 2022.

Muñoz C, Pérez V, Cobos P, Hernández R, Sánchez G. *Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. 2011. Ed. Mundi-Prensa. 575 págs.

Murat C, Martin F. *True Truffle (Tuber spp.) in the World*. 2016. Eds. A. Zambonelli, M. Lotti, C. Murat, Springer International Publishing, Cham, Switzerland; 47:137–149

Nadel RL, Wingfield MJ, Scholes MC, Lawson SA, Slippers B. The potential for monitoring and control of insect pests in Southern Hemisphere forestry plantations using semiochemicals. 2012. *Annals of Forest Science*; 69(7):757-767

Pérez F, Cuenca B, Ruiz-Gómez FJ, Rey MD, Ruiz-Galea M, Arrillaga I, Solla A. Programa de mejora y conservación de los recursos genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la “seca”. 2020. *Foresta*; (78):56-61.

Peverieri GS, Alma A, Manzo A, Vezzalini L, Bellini E, Fazzi L, Poli I, Ferracini C, Feri A, Turchetti T, Maltoni A, Ferrarese GB, Pennacchio F, Roversi PF. Linee guida per la gestione delle problematiche fitosanitarie del castagno. 2014. Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura CRA.

Plagas y enfermedades de las masas forestales extremeñas. *Coraebus undatus*. 2003. Junta de Extremadura. Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente. 4 págs.

Ragazzi A, Capretti P, Ghelardini L, Moricca S. Malattie delle piante in bosco, in vivaio e delle alberature. 2020. Ed. Patron. 272 págs.

Rigling D, Schütz-Bryner S, Heiniger U, Prospero S. Cancro corticale del castagno. *Sintomatologia, biologia e misure di lotta*. 2016. *Notizie per la pratica*, 54. Birmensdorf, Istituto federale di

ricerca WSL. 8 págs. <https://www.wsl.ch/de/publikationen/cancro-corticale-del-castagno-sintomatologia-biologia-e-misure-di-lotta.html>

Sánchez JE, Sánchez ME, Trapero A. La Tinta del castaño. 2010. Grupo de Patología Agroforestal de la Universidad de Córdoba. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Seybold SJ, Bentz BJ, Fettig CJ, Lundquist JE, Progar RA, Gillette NE. Management of western North American bark beetles with semiochemicals. 2018. *Annual Review of Entomology*; 63:407-432.

Soriano C, Gastón A, Herrero B. En: Distribución de las especies españolas de *Quercus*. Notas sobre su ecofisiología. La seca: decaimiento de encinas, alcornoques y otros *Quercus* en España. 2004. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General para la Biodiversidad.

Sturrock RN, Frankel SJ, Brown AV, Hennon PE, Kliejunas JT, Lewis KJ, Worrall JJ, Woods AJ. Climate change and forest diseases. 2011. *Plant Pathology*; 60(1):133-49.

Torres-Vila LM, Tschorsnig HP. *Billaea adelpha* (Loew) (Diptera: Tachinidae) as a larval parasitoid of large oak-living cerambycids in Southwestern Spain. 2019. *The Tachinid Times*; 32:4-15.

Tsantrizos YS, Kope HH, Fortin JA, Ogilvie

KK. Antifungal antibiotics from *Pisolithus tinctorius*. 1991. *Phytochemistry*. 30(4):1113-1118.

Turchetti T, Biagioni P. En: *Avversità e lotta biológica. Il castagno*. 2003. AAVV. Ed. CNR e Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali. Págs. 144-167.