



I MANUALI MONGEFITOFOR

**MONITORAGGIO
E GESTIONE DI
ALCUNE AVVERSITÀ
FITOPATOLOGICHE DEL
CASTAGNO
NELLE AREE ALPINE
TRANSFRONTALIERE**

GUGLIELMO LIONE, SIMONE PROSPERO, LUCA DOVIGO,
CHIARA FERRACINI, ROBERTO MARTINIS, SILVIA ONGARO,
MARTINA PELLICCIARO, ANDREA RETTORI, IVAN ROLLET E PAOLO GONTHIER

MONITORAGGIO E GESTIONE DI ALCUNE AVVERSITÀ FITOPATOLOGICHE DEL CASTAGNO NELLE AREE ALPINE TRANSFRONTALIERE

Collana: "I manuali MONGEFITOFOR"

Autori

Guglielmo Lione ⁽¹⁾, Simone Prospero ⁽²⁾, Luca Dovigo ⁽³⁾,
Chiara Ferracini ⁽¹⁾, Roberto Martinis ⁽⁴⁾, Silvia Ongaro ⁽³⁾,
Martina Pellicciaro ⁽¹⁾, Andrea Rettoni ⁽⁴⁾, Ivan Rollet ⁽³⁾,
Paolo Gonthier ⁽¹⁾

Coordinamento scientifico

Paolo Gonthier ⁽¹⁾, Chiara Ferracini ⁽¹⁾, Simone Prospero ⁽²⁾,
Guglielmo Lione ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Largo P. Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO), Italia.

⁽²⁾ Istituto Federale di Ricerca per la Foresta, la Neve e il Paesaggio (WSL), Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Svizzera.

⁽³⁾ Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Agricoltura e Risorse Naturali, Corpo Forestale della Valle d'Aosta, Loc. La Grande Charnière 14, 11020 Saint-Christophe (AO), Italia.

⁽⁴⁾ Studio Associato Planta, Via Chiesa 19, 10090 Rosta (TO), Italia.

Forma raccomandata per la citazione:

Lione G., Prospero S., Dovigo L., Ferracini C., Martinis R., Ongaro S., Pellicciaro M., Rettoni A., Rollet I., Gonthier P. (2023). Monitoraggio e gestione di alcune avversità fitopatologiche del castagno nelle aree alpine transfrontaliere. Collana: "I manuali MONGEFITOFOR". Regione Autonoma Valle d'Aosta. ISBN 9791280561138

INDICE

2	Prefazione
3	Il Progetto MONGEFITOFOR
4	Il castagno: inquadramento generale della specie
9	Sinecologia e caratterizzazione delle formazioni forestali con castagno
16	Funzioni e servizi ecosistemici dei popolamenti con castagno
17	Aspetti selvicolturali e gestionali
19	Inquadramento generale delle principali avversità del castagno
34	Il cancro corticale del castagno
38	Il mal dell'inchiostro del castagno
42	Le malattie associate a <i>Gnomoniopsis castaneae</i>
46	Il monitoraggio fitosanitario del castagno in Valle d'Aosta
54	Incidenza, gravità e distribuzione delle malattie del castagno e dei patogeni target
56	Il monitoraggio del mal dell'inchiostro del castagno in Svizzera
63	Interventi selvicolturali e fitosanitari per la gestione dei cedui di castagno affetti da cancro corticale
72	Esempi applicativi: i cantieri pilota MONGEFITOFOR
75	Strategie per la gestione del mal dell'inchiostro
76	Conclusioni e prospettive
77	Ringraziamenti
78	Bibliografia essenziale



PREFAZIONE

Le foreste costituiscono un'importante componente del paesaggio della Regione Autonoma Valle d'Aosta e degli areali transfrontalieri italo-svizzeri, assolvendo numerose funzioni indispensabili per la conservazione, la salvaguardia e la protezione del territorio e delle comunità che lo abitano. Al fine di garantire nel tempo e nello spazio l'assolvimento di tali funzioni, occorre che lo stato di salute delle foreste sia costantemente monitorato e preservato. L'esigenza di mettere a fattor comune le esperienze, le conoscenze acquisite e le progettualità in relazione al monitoraggio e alla gestione delle principali avversità in campo forestale ha quindi indotto la Regione Autonoma Valle d'Aosta, i due Cantoni svizzeri dei Grigioni e del Ticino, il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) dell'Università degli Studi di Torino e il l'Istituto Federale di Ricerca sulla Neve, le Foreste, il Paesaggio (WSL) di Birmensdorf - Zurigo a cooperare ad un ambizioso progetto denominato MONGEFITOFOR (Linee Guida per il MONitoraggio e la Gestione delle Emergenze FITOSanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali), realizzato

nell'ambito del Programma di Cooperazione Territoriale INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020. Nell'ambito del progetto sono state affrontate diverse criticità fitosanitarie del castagno, tra cui il cancro corticale, il mal dell'inchiostro e alcune malattie causate dal fungo *Gnomoniopsis castaneae*. Questo manuale presenta i risultati del monitoraggio fitosanitario volto a indagare lo stato di salute del castagno e a proporre strategie operative per la sua gestione negli ambienti forestali degli areali alpini transfrontalieri. Il manuale nasce infatti grazie alle conoscenze maturate in ambito transfrontaliero, frutto della sinergia tra i partner di progetto che hanno condiviso esperienze, conoscenze e competenze durante lo svolgimento delle diverse attività. La presente pubblicazione costituisce uno strumento operativo per il settore forestale ma, allo stesso tempo, contribuisce a diffondere ai tecnici, agli amministratori, ai portatori di interesse e alla cittadinanza le conoscenze acquisite e le buone pratiche per salvaguardare lo stato di salute del castagno e delle foreste in cui esso è presente.

*L'assessore all'Agricoltura
e Risorse naturali
Marco Carrel*

IL PROGETTO MONGEFITOFOR

MONGEFITOFOR (Linee Guida per il MONitoraggio e la Gestione delle Emergenze FITOsanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali) è un progetto finanziato dall'Unione Europea tramite il Programma di Cooperazione Territoriale **INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020** al quale cooperano istituzioni locali ed enti di ricerca italiani e svizzeri per monitorare lo **stato di salute delle foreste** transfrontaliere e proporre strategie sostenibili per la loro gestione e salvaguardia, promuovendone così la **resilienza**. Il progetto ha come capofila la Struttura Corpo Forestale della Valle d'Aosta (IT) e come partner l'Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) (IT), l'Istituto Federale di Ricerca per la Foresta, la Neve e il Paesaggio WSL (Birmensdorf) (CH), il Cantone Grigioni - Ufficio Foreste e Pericoli Naturali (CH) e il Cantone Ticino - Sezione Forestale (CH).

Il progetto nasce dalla considerazione che le foreste sono un elemento imprescindibile del **paesaggio** delle vallate alpine e hanno una valenza multifunzionale che si concre-

tizza non solo nella **produzione** di legname, ma anche nel mantenimento della **biodiversità**, nella **protezione idrogeologica** dei versanti e nel fornire **svago** e ricreazione a turisti, visitatori e cittadini. Tuttavia, per garantire queste fondamentali funzioni, le foreste devono essere adeguatamente protette. Il progetto MONGEFITOFOR si pone l'obiettivo di affrontare, a livello transfrontaliero, alcune tra le principali emergenze fitosanitarie che hanno interessato negli ultimi anni le foreste dei piani collinare e basso-montano delle Alpi centro-occidentali (**box 1**). Tra queste si annoverano il **cancro corticale**, il **mal dell'inchiostro** e alcune **malattie** causate dal **fungo Gnomoniopsis castaneae** su **castagno**, a cui è dedicato questo **manuale tecnico-scientifico di campo**, che vuole essere di supporto non solo ai proprietari, gestori e amministratori delle risorse forestali, ma anche ai tecnici e agli operatori del settore che intendano approfondire le loro conoscenze e migliorare le proprie competenze.

BOX 1

Approfondimenti sul progetto MONGEFITOFOR

Il progetto MONGEFITOFOR, avviatosi nel 2019 e conclusosi nel 2023, è incentrato sul monitoraggio delle criticità fitosanitarie emergenti di specie arboree che svolgono un ruolo chiave nelle formazioni forestali collinari e basso-montane degli areali transfrontalieri italo-svizzeri: **castagno** (*Castanea sativa*), **frassino maggiore** (*Fraxinus excelsior*) e **pino silvestre** (*Pinus sylvestris*), a cui sono dedicati specifici manuali tecnico-scientifici della collana "I MANUALI MONGEFITOFOR". Oltre ai manuali, il progetto MONGEFITOFOR propone a tutti gli interessati anche contenuti multimediali di informazione tecnica e approfondimento, accessibili sulle seguenti piattaforme:

SITO WEB

<https://fitosanitario.regione.vda.it/progetto-mongefitofor>

FACEBOOK

<https://www.facebook.com/Mongefitofor-103015101617192/>

INSTAGRAM

<https://instagram.com/mongefitofor?igshid=1f0k8nykdbkw1>

YOUTUBE

<https://www.youtube.com/channel/UCeafnk1hcccn8Vlm4wqFvSg>

IL CASTAGNO: INQUADRAMENTO GENERALE DELLA SPECIE

Il genere *Castanea* comprende 13 specie arboree distribuite in entrambi gli emisferi a seguito di diffusione naturale o di matrice antropica. A livello internazionale, le specie più rappresentative e di maggiore rilevanza economica sono *Castanea sativa* Mill. (**castagno** europeo, di seguito indicato semplicemente come castagno), *C. crenata* Sieb. et Zucc. (castagno giapponese), *C. mol-*

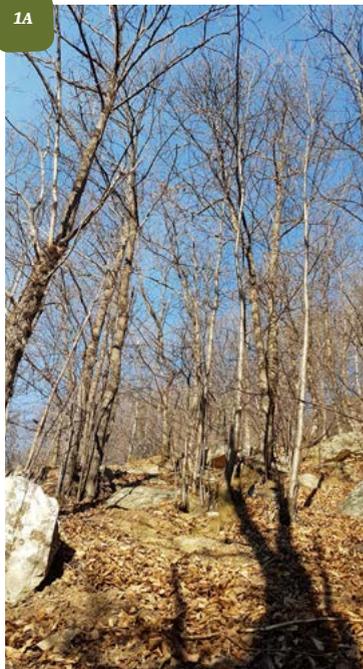
lissima Blume (castagno cinese) e i relativi ibridi. Il castagno è spiccatamente **multifunzionale**, poiché è in grado di fornire una notevole varietà di servizi ecosistemici a seconda dei contesti, ma è particolarmente apprezzato per la produzione di **frutti eduli** (castagne e marroni) e **assortimenti legnosi** dai molteplici utilizzi.

L'inquadramento della specie non può prescindere dal contesto in cui questa è inserita. Infatti, il castagno è una specie che ha valenze diverse, che si estrinsecano con modalità differenti in **ambienti agrari**, **agro-forestali** e **forestali**. In un

contesto fortemente antropizzato e mirato alla produzione di derrate agro-alimentali, il castagno è di fatto un **albero da frutto** soggetto ad un insieme di pratiche colturali, agronomiche e fitosanitarie specifiche. In questo caso, il castagno è allevato ad **alto fusto** e spesso assoggettato a interventi di innesto finalizzati a migliorare i profili qualitativi, quantitativi, nonché le rese produttive (**figura 1**). In ambienti forestali, per il castagno si adotta invece un **governo ceduo** (**figura 2**), dove la componente ad alto fusto (se presente) è costituita da matricine (**figura 3**). La ceduazione del castagno è storicamente finalizzata alla produzione di assortimenti per paleria, mentre le **matricine** sono castagni non sottoposti a ceduazione. Le matricine sono rilasciate per

uno o più turni del ceduo per ragioni che includono non solo la possibilità di ottenere assortimenti legnosi di maggiori dimensioni rispetto a quelli ritraibili dai polloni del ceduo, ma anche l'opportunità di garantire la **rinnovazione naturale** del soprassuolo. In linea di principio, si potrebbero anche annoverare le fustaie da legno, derivanti da avviamento all'alto fusto di cedui di castagno o dall'innesto di varietà preselezionate, ma di fatto questa realtà è estremamente rara e comunque del tutto assente negli areali transfrontalieri italo-svizzeri. Castagni ad alto fusto sono però presenti in diverse formazioni forestali, a cui la specie in questione è associata, in genere allo stato selvatico e spesso come elemento accessorio, o sporadico.

1A



1B



FIGURA 1
 CASTAGNO GOVERNATO A CEDUO. CEPPAIE DURANTE IL PERIODO DI RIPOSO VEGETATIVO IN UNA FORMAZIONE FORESTALE DOMINATA DA CASTAGNO (A). PARTICOLARE DI UNA CEPPAIA CON QUATTRO POLLONI MATURI IN VEGETAZIONE (B).

FIGURA 2
 MATRICINE DI CASTAGNO RILASCIATE IN BOSCO CEDUO. LA MATRICINA AL CENTRO È DOMINANTE E HA CONDIZIONATO L'ACCRESCIMENTO DELLE DUE MATRICINE LATERALI, IL CUI PORTAMENTO È DETERMINATO DALLA RICERCA DELLA LUCE.

FIGURA 3
 CASTAGNO AD ALTO FUSTO. CASTAGNETO DA FRUTTO TRADIZIONALE, IN CUI SI NOTANO ALBERI DI ALTEZZA E DIAMETRO NOTEVOLI DURANTE IL PERIODO DI RIPOSO VEGETATIVO (A). CASTAGNO AD ALTO FUSTO IN FASE DI FRUTTIFICAZIONE, COLTIVATO IN CASTAGNETO RAZIONALE, DOVE GLI ALBERI SONO MANTENUTI DI BASSA TAGLIA E DOVE SONO PRATICATI REGOLARMENTE INTERVENTI CULTURALI E AGRONOMICI VOLTI A MASSIMIZZARE I PROFILI QUALITATIVI E QUANTITATIVI DELLA PRODUZIONE DI CASTAGNE E MARRONI (B).



Dato il contesto *forestale* e l'ambito di applicazione di questo manuale, la trattazione seguente deve essere intesa in riferimento al *bosco ceduo*, al *ceduo matricinato* e alla componente *ad alto fusto spontanea* e *accessoria* presente in altre formazioni floristico-vegetazionali degli areali transfrontalieri italo-svizzeri.

Il castagno è una specie arborea che può raggiungere un'altezza di 25-30 m, ma il cui diametro può superare anche diversi metri nel caso di esemplari vetusti, veterani, o particolarmente longevi. Caratterizzato da una peculiare biologia e morfologia florale, il castagno presenta fiori distribuiti in amenti maschili o bisessuali differenziati dallo stesso individuo e la cui antesi si colloca nel periodo primaverile, prevalentemente tra la seconda metà di maggio e la prima di luglio. La maturazione delle castagne, acheni eduli protetti da una cupola spinosa (il riccio) avviene da fine agosto a novembre. Il castagno è una specie il cui *seme* viene definito *recalcitrante*, tende cioè a perdere la propria vitalità se sottoposto a pratiche di conservazione quali la disidratazione e la successiva conservazione a basse temperature (es. umidità 5-10% e temperatura inferiore a 5°C). I condizionamenti della capacità

germinativa iniziano ad essere rilevanti quando il contenuto idrico del seme scende al di sotto del 20-40%, motivo per cui la conservazione dalla raccolta alla primavera può essere effettuata solo a patto di mantenere condizioni adeguate di umidità (es. stratificazione in sabbia o torbe umide, al riparo dall'azione di sole e vento). Il castagno è dotato di *capacità pollonifera* caulinare, che si protrae indefinitamente per tutta la durata di vita dell'albero, rendendo la specie particolarmente adatta al governo ceduo. Se il taglio della ceppaia è effettuato rasoterra, i polloni che si sviluppano hanno la possibilità di affrancarsi per autoradicazione, emettendo radici in completa autonomia. La pronunciata e prolungata capacità pollonifera, accompagnata dall'emissione di polloni vigorosi, è tra i principali fattori che rendono il castagno particolarmente *concorrenziale* nei confronti di altre specie forestali. Sovente, infatti, il castagno manifesta la tendenza a costituire popolamenti monospecifici. L'apparato radicale del castagno è *robusto* e dotato di una buona capacità di esplorazione del suolo e, nonostante non sia particolarmente profondo, garantisce un solido *ancoraggio* dell'albero al suolo. Il fusto tende ad essere diritto, tozzo e robusto, caratteristiche

che lo rendono apprezzabile in relazione a fini produttivi. A livello autoecologico, il castagno è annoverato come una specie tipica della fascia basale e del piano collinare, che però non esita a salire a livello del piano montano se le condizioni stazionali sono favorevoli. Considerata una specie **termofila**, per poter vegetare richiede un periodo di almeno 6 mesi contraddistinto da temperature medie superiori a 10 °C. In termini di input di **precipitazioni**, il castagno necessita di piovosità superiori a 600 mm annui, in quanto è una specie che **teme la siccità**. In relazione al clima, la specie predilige condizioni **subatlantiche**, rifuggendo da aree nelle quali la continentalità tende ad essere troppo spiccata. In termini eco-pedologici, il castagno è particolarmente esigente poiché tende a selezionare **suoli a reazione** neutra, subacida e **acida**, con tessitura sciolta e buona capacità di **aerazione**. Adattamenti a suoli carbonatici sono rari, ma possono verificarsi localmente, a patto che la stazione sia contraddistinta da elevate precipitazioni piovose. Per quanto riguarda la necessità di nutrienti (in particolare azoto e potassio) il castagno può essere considerato una specie esigente. In relazione alla luce, il castagno è **mediamente eliofilo**, anche se

i semenzali possono tollerare abbastanza bene l'ombreggiamento. Le esigenze **autoecologiche** del castagno possono essere riassunte mediante una serie di indici quantitativi, che ne delineano le caratteristiche salienti.



TABELLA 1

Descrizione sintetica dell'autoecologia del castagno. Per ciascun fattore ambientale è riportato il corrispondente indice di Landolt (da 1 a 5, valori estrapolati da Lauber e Wagner, 2001) con relativa descrizione.

Fattore ambientale	Indice	Descrizione
Esigenze idriche	3	Necessita di suoli mediamente umidi
Reazione del suolo (pH)	2	Reazione del suolo (pH) Predilige suoli con pH mediamente acido (3.5-5.5)
Esigenze di nutrienti	2	Vegeta su suoli dotati di un apporto di nutrienti medio-basso tra gli estremi rappresentati da specie pioniere e specie nitrofile
Luce	3	Non è specie sciafila, ma nemmeno spiccatamente eliofila e si adatta pertanto a condizioni di luminosità intermedie
Temperatura	5	Cresce preferibilmente in stazioni con temperature calde tipiche dell'Europa meridionale
Continentalità	2	Si adatta a climi subatlantici, tollera poco le gelate tardive e le escursioni termiche pronunciate

TABELLA 1

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'AUTOECOLOGIA DEL CASTAGNO. PER CIASCUN FATTORE AMBIENTALE È RIPORTATO IL CORRISPONDENTE INDICE DI LANDOLT (DA 1 A 5, VALORI ESTRAPOLATI DA LAUBER E WAGNER, 2001) CON RELATIVA DESCRIZIONE.

SINECOLOGIA E CARATTERIZZAZIONE DELLE FORMAZIONI FORESTALI CON CASTAGNO

Il castagno costituisce spesso *popolamenti monospecifici*, o nei quali tende ad essere una

tra le specie più abbondanti, anche se può partecipare a diversi consorzi floristico-vegetazionali come elemento accessorio o sporadico. A livello di inquadramento tipologico, se si escludono i castagneti da frutto, si possono individuare negli areali transfrontalieri italo-svizzeri principalmente

castagneti mesoneutrofili a *Salvia glutinosa* e castagneti acidofili a *Teucrium scorodonia*. Nei primi, il castagno si associa ad altre latifoglie tra cui frassino, aceri, ciliegio e nocciolo, mentre nei secondi possono comparire rovere, faggio e betulla. Sono censite numerose varianti ai sopraccitati tipi forestali, in cui possono essere presenti e/o abbondanti robinia, roverella, pino silvestre, o larice, solo per citare alcuni esempi. Quando il castagno è in purezza, specialmente nelle stazioni in cui i suoli tendono a presentare pH più acidi, il sottobosco è povero e contraddistinto da ridotta biodiversità vegetale, anche se queste con-

dizioni sono particolarmente idonee alla rinnovazione naturale della specie, che si trova in una situazione di ridotta competizione interspecifica. Il seme può infatti germinare agevolmente poiché l'achenio viene a trovarsi direttamente a contatto col suolo e non è ostacolato dalla presenza di uno strato erbaceo o arbustivo che possa inibirne la germinazione o impedire il buon attecchimento dei semenzali (figura 4).

FIGURA 4
UNA COPERTURA ERBACEA E ARBUSTIVA ASSENTE O RADA FACILITA LA RINNOVAZIONE NATURALE DEL CASTAGNO, PERMETTENDO AL SEME DI ENTRARE PIÙ FACILMENTE IN CONTATTO CON IL SUOLO (A), GERMINARE E DARE ORIGINE A SEMENZALI VIGOROSI (B).



FUNZIONI E SERVIZI ECOSISTEMICI DEI POPOLAMENTI CON CASTAGNO

I popolamenti forestali di castagno o le formazioni in cui la specie è dominante o abbondante sono in grado di estrarre una vasta gamma di **funzioni** ed erogare diversi **servizi ecosistemici**, tra cui:

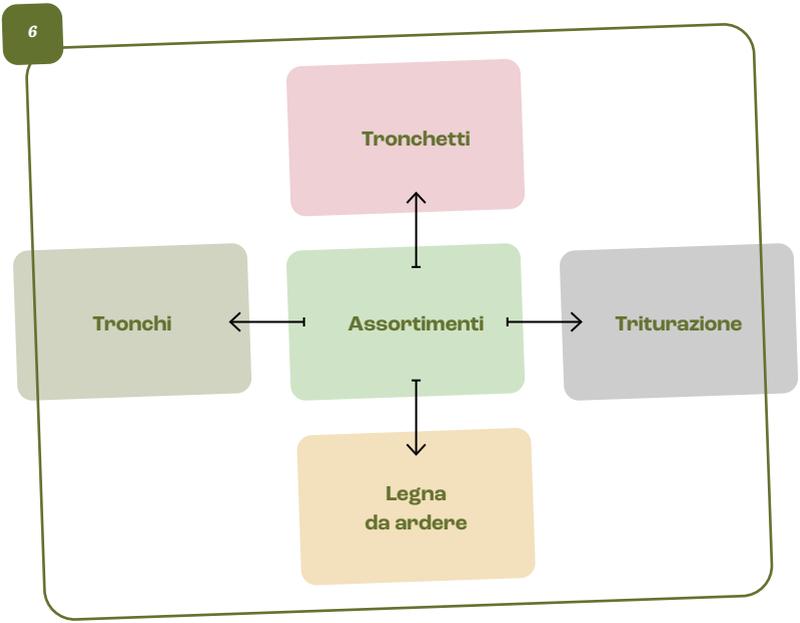
- produzione di **assortimenti legnosi**;
- produzione di **prodotti secondari non legnosi**;
- **protezione idrogeologica** e consolidamento dei versanti;
- erogazione di servizi legati alla funzione ecologico-ambientale (es. sequestro dell'anidride carbonica atmosferica e **stock di carbonio**, contributo ai cicli biogeochimici);
- costituzione di formazioni che svolgono un ruolo importante come elementi del **paesaggio**, fornendo spazi idonei alla **fruizione turistica** e alla ricreazione.

La propensione del castagno a soddisfare le diverse funzioni e ad erogare i relativi servizi ecosistemici è condizionata in larga misura dal fatto che il governo prevalente a cui è soggetto è ascrivibile al bosco ceduo, nelle sue diverse declinazioni. Il ceduo si configura come una modalità gestionale in cui gli interventi culturali

sono orientati a **fini produttivi**. La domanda di legno di castagno è infatti importante e le caratteristiche tecnologiche del legno, congiuntamente alla relativa rapidità di accrescimento della specie, possono aprire prospettive interessanti. Il **legno di castagno** (**figura 5**) è pregevole sotto il profilo estetico e per le sue proprietà fisico-meccaniche. Trattasi di un legno con evidente differenziazione tra alborno e durame, durevole in quanto ricco di estrattivi (in particolare **tannini**), semiduro, ma di agevole lavorazione, con una densità pari a 580 kg/m³. Particolarmente rara da reperire, ma molto apprezzata dal mercato, è la **radica** di castagno. Questa è costituita dal legno proveniente dalle porzioni basali di piante ad alto fusto, le cui valenze estetiche la rendono ricercata per la realizzazione di mobili di elevato pregio, o tranciati per ottenere pannelli decorativi. I principali assortimenti legnosi ritraibili dal ceduo e dalle matricine sono schematizzati in **figura 6**.

FIGURA 5
LENGNO DI CASTAGNO. PROVINI DA XILOTECA: SULLA SINISTRA SEZIONE DI RADICA DI CASTAGNO, PARTICOLARMENTE APPREZZATA PER LE SUE VALENZE ESTETICHE, SULLA DESTRA UNA SEZIONE LONGITUDINALE TIPICA.

FIGURA 6
PRINCIPALI ASSORTIMENTI LEGNOSI RITRAIBILI DAL CASTAGNO.



I tronchetti di castagno si ottengono da polloni fino a 25 cm di diametro a petto d'uomo e trovano impiego in falegnameria e nell'industria del mobile, mentre i tronchi provengono da fusti di alberi con diametri di maggiori dimensioni, fino a 40 cm a petto d'uomo, e possono trovare impiego per le lavorazioni di maggior pregio. In funzione delle esigenze di mercato, le trasformazioni dei topi possono essere operate al fine di realizzare *sfogliati*, *tranciati* e *segati*. Usi tradizionali del legno di castagno comportano la produzione di travi, tavole, di *paleria* di varia dimensione (es. per arredi urbani in parchi e giardini, per l'agricoltura, per l'ingegneria naturalistica), doghe, perline, listelli, scandole e derivati simili. Occorre evidenziare come sia in atto una riscoperta del legno di castagno orientata alla sua *valorizzazione* tecnologica, volta a realizzare prodotti legnosi innovativi come pannelli di legno massiccio con giunti a minidita, o travetti cavi assemblati con adesivi epossidici o poliuretanici. Gli assortimenti da triturazione sono prodotti legnosi di scarso pregio, che si prestano alla realizzazione di pannelli, o all'estrazione di tannini. Sono destinati alla triturazione gli assortimenti di piccole dimensioni inadat-

ti alle lavorazioni tipiche di tronchi o tronchetti, o i topi di maggiori dimensioni interessati da difetti importanti (forma anomala, nodosità eccessiva, cipollatura o altro). Il tannino estratto trova impiego in particolari processi industriali e in mercati di nicchia nei settori della concia e della chimica, anche se in mercati di nicchia. Come legna da ardere il castagno si presta prevalentemente ad usi limitati e su scala locale, poiché la presenza di tannini e la non agevole essiccazione rendono la specie poco idonea a questo tipo di impiego.

Oltre a fornire assortimenti legnosi, il ceduo di castagno permette di ritrarre direttamente o indirettamente *prodotti non legnosi*, tra cui le *castagne*, sebbene in quantità e qualità non comparabili rispetto ai castagneti da frutto. Inoltre, il castagno contribuisce ad alimentare filiere importanti quali, ad esempio, quella mellifera. Il *miele* di castagno è infatti molto apprezzato dai consumatori per il peculiare profilo organolettico. Il castagno è anche una specie ectomicorrizica, che instaura simbiosi con diversi *funghi* basidiomiceti *eduli*. Peraltro, i boschi di castagno costituiscono habitat idonei alla differenziazione di corpi fruttiferi di una vasta gamma di funghi apprezzati dal mer-

cato e dai consumatori per le loro valenze gastronomiche, tra cui i cosiddetti “ovuli reali” (es. *Amanita caesarea*) e i “porcini” (*Boletus edulis* e altre specie dello stesso genere).

Anche se il ceduo non è la forma di governo più idonea per il consolidamento di versante, i cedui castanili sono di fatto formazioni che contribuiscono a **proteggere** pendii e scarpate da **fenomeni erosivi** e **perdita di suolo**. Infatti, le chiome e i fusti intercettano le precipitazioni, regimano il deflusso delle acque e ne riducono il ruscellamento superficiale, mentre gli apparati radicali trattengono il suolo svolgendo la loro funzione di ancoraggio di ceppaie e matricine (**figura 7**).

FIGURA 7
CEDUO DI CASTAGNO IN MESCOLANZA CON ALTRE LATIFOGIE SU VERSANTE ACCLIVE. IN QUESTO CONTESTO, LA FUNZIONE DI PROTEZIONE DAL RISCHIO DI EROSIONE E PERDITA DI SUOLO È FONDAMENTALE.



Contribuendo alla difesa di insediamenti, di infrastrutture e di altri manufatti dai rischi connessi a caduta massi, smottamenti e valanghe, il castagno e le foreste in cui esso è presente costituiscono nel contempo un elemento chiave del *paesaggio forestale* che connota gli ambienti collinari e montani degli areali transfrontalieri italo-svizzeri. Questi popolamenti non di rado sono inseriti in contesti in cui la foresta si presta alla fruizione da parte di turisti, escursionisti, cicloamatori e famiglie, specialmente nel momento della fruttificazione e della caduta dei ricci. Data la longevità della specie, alcune ceppaie o matricine possono esse stesse divenire elementi dotati di peculiare attrattività e interesse paesaggistico, come accade per alcuni esemplari di *alberi vetusti* o veterani (**figura 8**). Peraltro, questi alberi fungono da *serbatoi di biodiversità*.

I boschi di castagno, sebbene non siano annoverati tra le formazioni forestali a più elevato tasso di biodiversità vegetale, sono considerati *habitat* importanti per la conservazione della fauna selvatica, che include anfibi, rettili, uccelli, mammiferi e micromammiferi, solo per citarne alcuni.



La selvicoltura del bosco *ceduo di castagno* è tendenzialmente consolidata dalla pratica, corroborata dall'esperienza e codificata dalla letteratura e dalla manualistica classica, che poggiano su solide basi tecnico-scientifiche. Le opzioni di intervento variano essenzialmente in funzione dell'età e delle condizioni del soprassuolo, e differiscono tra ceduo in fase giovanile, ceduo maturo, ceduo in evoluzione oltre il turno consuetudinario e ceduo matricinato.

Il *ceduo giovane* è costituito da ceppaie i cui i polloni hanno un'età indicativamente non superiore ai 15 anni circa. In questo contesto la concorrenza intraspecifica è molto elevata ed è pertanto consigliato un intervento tempestivo e di intensità congrua, con l'obiettivo di favorire i polloni potenzialmente più promettenti, prima che la competizione eccessiva vada a detrimento degli incrementi diametrali dei soggetti d'avvenire.

I polloni del *ceduo maturo* hanno un'età compresa indicativamente tra i 20 e i 30 anni. In questo scenario, qualora non si intendesse procedere immediatamente con il taglio di

FIGURA 8
ALBERO DI CASTAGNO VETUSTO. SI NOTA IL FUSTO CAVO IN CONSEGUENZA DELL'AZIONE DI FUNGHI AGENTI DI CARIE DEL CILINDRO CENTRALE CHE HANNO DETERMINATO LE CAVITÀ VISIBILI ESTERNAMENTE (CARIE ESPOSTA). GLI ALBERI VETUSTI O VETERANI, SPESSO SERBATOI DI BIODIVERSITÀ, POSSONO RAPPRESENTARE ELEMENTI CARATTERISTICI DEL PAESAGGIO FORESTALE E AGRO-FORESTALE DEGLI AREALI TRANSFRONTALIERI ITALO-SVIZZERI.

utilizzazione finale, è possibile attendere, prevedendo però nell'immediato dei diradamenti in favore degli individui più promettenti.

Il **ceduo** che si colloca **oltre il turno consuetudinario** (che in linea di massima è compreso tra i 16 e i 30 anni) rappresenta una condizione generalmente sfavorevole per il soprassuolo, sul quale presumibilmente è in atto un processo di libera evoluzione a seguito dell'abbandono della stazione. Lo scenario riconoscibile dipende dallo stato complessivo del popolamento, sul quale si può intervenire con un taglio di sgombero, o con diradamenti volti a favorire individui ancora promettenti, se questi sono presenti in misura adeguata.

Il **ceduo matricinato** prevede un approccio composito. Da un lato si deve tenere conto della valorizzazione delle matricine con portamento e vigore vegetativo tali da giustificare il loro rilascio e il loro allevamento per l'avvenire, dall'altro si pone la necessità di favorire i polloni più promettenti. Se le condizioni stazionali e colturali lo consentono, si possono condurre diradamenti selettivi, ma se lo stato del popolamento è compromesso si può optare per un taglio di rinnovazione.

Quando il popolamento è mo-

nospecifico o il castagno è nettamente preponderante, ma ci si trova in presenza di altre specie forestali idonee alle condizioni stazionali del luogo, è possibile praticare interventi mirati a favorire l'evoluzione del popolamento verso una **composizione pluri-specifica** più equilibrata.

Le indicazioni selvicolturali di massima riportate in questo capitolo si intendono valide per formazioni forestali in cui il castagno non manifesti evidenti alterazioni ascrivibili a criticità di carattere fitosanitario. In presenza di sintomi di malattia, o a titolo precauzionale per prevenirne l'insorgenza, è infatti opportuno integrare le buone pratiche di gestione con ulteriori interventi mirati, a tutela e salvaguardia dello stato di salute del popolamento. Il progetto MONGEFITOFOR, monitorando ed indagando le criticità fitosanitarie del castagno e avvalendosi di una solida base scientifica, si prefigge quindi di delineare possibili **linee guida di gestione forestale** da applicare a situazioni in cui malattie o infestazioni di insetti possano richiedere una selvicoltura orientata alla **difesa fitosanitaria**.

INQUADRAMENTO GENERALE DELLE PRINCIPALI AVVERSITÀ DEL CASTAGNO

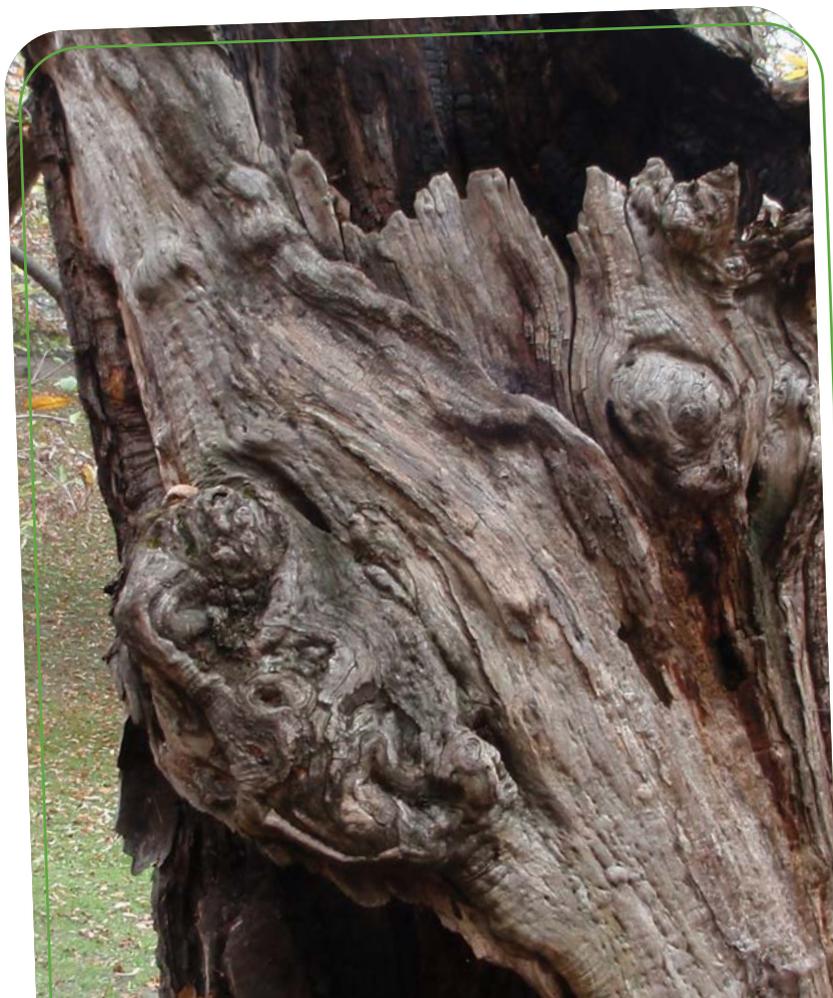
Storicamente il castagno è noto per la sua **suscettibilità** ad alcune malattie infettive, tra le quali si annoverano in particolare il **cancro corticale** causato dal fungo ascomicete *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr. e il **mal dell'inchiostro** provocato dai cromisti *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisman e *P. cinnamomi* Rands. Entrambe le malattie di cui sopra possono causare danni ingenti a carico dei castagneti da frutto e dei cedui di castagno, spesso in associazione ad elevati tassi di mortalità. Accanto a queste due malattie storiche del castagno si sono recentemente affermate nuove criticità fitosanitarie. Una tra le principali è rappresentata da ***Gnomoniopsis castaneae*** Tamietti, un fungo ascomicete che a partire dagli anni 2000' si è configurato non solo come il principale agente di marciume della castagna a livello internazionale, ma anche come potenziale agente di **cancro corticale** e, talora, di **necrosi fogliari**. Il castagno può essere anche interessato da altre malattie infettive, che sebbene localmente e sporadicamente

possano assumere un carattere rilevante, non sono in genere annoverate tra le principali minacce per il castagno. Tra queste si possono citare la **fer-sa**, malattia fogliare causata dal fungo ascomicete *Mycosphaerella maculiformis* (Pers.) J. Schröt., **marciumi radicali** indotti da funghi basidiomiceti appartenenti al genere *Armillaria*, e **carie del fusto** provocate da diversi funghi basidiomiceti tra cui *Daedalea quercina* (L.) Pers., *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With. e *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill.

A rendere più complesso il quadro fitosanitario dei cedui e dei castagneti da frutto concorrono l'insorgere di estesi **deperimenti** che sono stati segnalati con sempre maggiore frequenza a partire dai primi anni 2000' in Italia nordoccidentale. Sebbene alcune avversità di carattere entomologico abbiano fortemente interessato il castagno negli stessi anni, con particolare riferimento a *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera Cynipidae), il **cinipide galligeno** del castagno di origine asiatica, sono altresì pervenute numerose segnalazioni di grandinate frequenti e di rilevante intensità occorse negli stessi areali, presumibilmente a seguito del cambiamento climatico in atto. Mentre le infestazioni di *D. kuriphilus* e i danni da que-

sto provocati sono stati drasticamente ridotti a seguito di efficaci campagne di lotta biologica, le **malattie** ascrivibili a **cromisti** e **funghi fitopatogeni** e gli effetti dei **cambiamenti climatici** rappresentano una **minaccia persistente** alla stabilità degli **ecosistemi** in cui il castagno è presente o dominante. Per questa ragione, il monitoraggio fitosanitario condotto nel corso del progetto MONGE-FITOFOR ha riguardato prin-

cipalmente il cancro corticale, il mal dell'inchiostro e le malattie associate a *G. castaneae*. Ciò nonostante, i popolamenti selezionati sono stati oggetto di una disamina complessiva del quadro sintomatologico per verificare l'eventuale sussistenza di altre avversità che potessero rappresentare una minaccia significativa per gli areali transfrontalieri italo-svizzeri.



IL CANCRO CORTICALE DEL CASTAGNO

Il *cancro corticale* del castagno è una malattia infettiva causata dal fungo ascomicete *Cryphonectria parasitica*. Questo *patogeno*, segnalato per la prima volta in Europa negli anni 1930', si è rapidamente diffuso nel continente attraverso quasi tutto l'areale di distribuzione del castagno. Al momento attuale, sono pochi i Paesi europei in cui *C. parasitica* non è presente. L'introduzione accidentale e la successiva diffusione di *C. parasitica* ha destato allarme e preoccupazione nel continente europeo, in quanto il patogeno era stato precedentemente responsabile della pressoché totale *estinzione* del castagno americano (*Castanea dentata* [Marsh.] Borkh.) negli Stati Uniti. Si stima infatti che *C. parasitica* si sia diffuso negli USA attraverso un'areale pari a 3,6 milioni di ettari, ad una velocità di circa 30 km all'anno, portando a morte 3,5 miliardi di alberi di castagno americano tra il 1904, anno della prima segnalazione a New York, e il 1950 circa. Sebbene l'impatto della malattia sul castagno europeo non sia stato altrettanto drammatico, il cancro corticale è annoverato tra le *principali*

avversità per questa specie, a carico della quale determina elevati tassi di *mortalità*.

Il quadro sintomatologico evidenziato dai castagni infetti è chiaramente riconoscibile e anche la malattia si manifesta e progredisce secondo un decorso caratteristico, strettamente correlato al ciclo biologico del patogeno. I *sintomi incipienti* possono essere individuati a carico del *fusto*, delle *branche*, o dei *rami* dell'albero. In presenza di *ferite* o *micro-ferite*, si aprono delle soluzioni di continuità nella corteccia che consentono la penetrazione dell'*inoculo infettivo* del patogeno. *C. parasitica* è infatti un tipico *patogeno da ferita*, ossia un microrganismo che può infettare l'ospite a seguito della presenza di lesioni che espongono i tessuti sottocorticali, indipendentemente dal fatto che queste siano di origine naturale (es. sfregamenti tra organi legnosi, lesioni causate da fauna selvatica, conseguenze dell'impatto della grandine) o antropica (innesti, potature, tagli, urti a seguito di operazioni colturali in cantieri forestali) (**figura 9**). L'inoculo infettivo del patogeno che penetra attraverso le ferite a carico della corteccia è prevalentemente costituito da spore. *C. parasitica* produce infatti degli *pseudotessuti* (*stromi*) che appaiono come minuscole

escrescenze vescicolari puntiformi e tondeggianti, visibili ad occhio nudo e di dimensione approssimativa pari a circa 0,5-2 mm. In corrispondenza di queste “*pustole*” dal caratteristico **colore giallo-arancio o rossastro** (figura 10), *C. parasitica* differenzia delle apposite strutture che rilasciano le **spore**. Queste possono essere **ascospore** di origine sessuale, rilasciate dai periteci del fungo, o **conidi** di origine agamica, liberati dai picnidi.

Le ascospore sono prevalentemente veicolate dall'**aria**, mentre la dispersione dei conidi è facilitata dall'**acqua** piovana, ma entrambi i fattori assolvono un ruolo epidemiologico estremamente rilevante.



10



9

FIGURA 9
FERITE E LESIONI A CARICO DI FUSTI E RAMI DEL CASTAGNO SONO SOLUZIONI DI CONTINUITÀ ATTRAVERSO LE QUALI L'INOCULO INFETTIVO DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* PUÒ PENETRARE ALL'INTERNO DELL'OSPITE E COLONIZZARE IL CAMBIO. L'IMMAGINE MOSTRA UNA LESIONE MECCANICA PER SFREGAMENTO VERIFICATOSI ACCIDENTALMENTE DURANTE L'ESECUZIONE DI INTERVENTI CULTURALI IN CANTIERE FORESTALE.

FIGURA 10
STROMI DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* VISIBILI COME CUSCINETTI TONDEGGIANTI CHE EROMPONO DALLA CORTECCIA DELL'ORGANO LEGNOSO INFETTO. IN CORRISPONDENZA DEGLI STROMI IL FUNGO DIFFERENZIA LE STRUTTURE RIPRODUTTIVE E Moltiplicative DEPUTATE ALLA PRODUZIONE E AL RILASCIO DI ASCOSPORE E CONIDI.

Le spore rappresentano infatti il principale mezzo attraverso il quale alberi sani contraggono la malattia e tramite cui il patogeno può diffondersi. Un recente studio (Lione *et al.* 2022, cfr. Bibliografia essenziale) ha evidenziato che nelle Alpi nordoccidentali la produzione di spore di *C. parasitica* interessa l'intero arco dell'anno. Tuttavia, l'andamento temporale della pressione di inoculo (spore rilasciate dal patogeno) mostra la presenza di due picchi massimi, uno in primavera e uno in autunno,

seguiti da un minimo estivo ed uno invernale (**figura 11**). Quando nel corso di una settimana il numero di giorni di pioggia con precipitazioni comprese tra 1 e 10 mm/giorno aumenta, la pressione di inoculo tende anch'essa ad aumentare al termine della settimana. Poiché il **rischio di infezione** in un dato sito dipende dalla pressione di inoculo, nei **settori alpini nordoccidentali** questo è **massimo in primavera**, in **autunno** e in corrispondenza di **settimane piovose**.

11

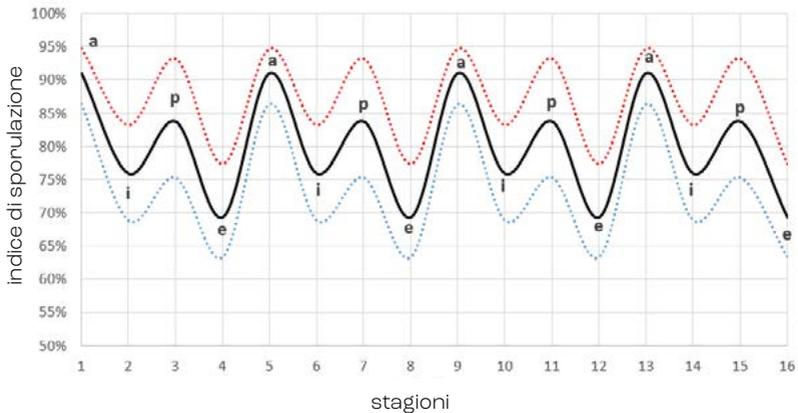


FIGURA 11
ANDAMENTO TEMPORALE DELLA PRESSIONE DI INOCULO DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* NEI SETTORI ALPINI NORDOCCIDENTALI (IN NERO) ESTRAPOLATA DA DATI RIPORTATI IN LETTERATURA (LIONE ET AL. 2022). IL GRAFICO MOSTRA L'ANDAMENTO SIMULATO PER UN PERIODO DI 4 ANNI (16 STAGIONI CONSECUTIVE, DA 1 A 16 IN ASCISSA). IN CORRISPONDENZA DI CIASCUNA

STAGIONE (A: AUTUNNO; I: INVERNO; P: PRIMAVERA; E: ESTATE) È RIPORTATO UN INDICE EMPIRICO DI SPORULAZIONE (IN ORDINATA). SONO EVIDENTI I MASSIMI AUTUNNALI E PRIMAVERILI, E I MINIMI ESTIVI E INVERNALI. LE CURVE IN ROSSO E BLU INDICANO L'INCERTEZZA DELLA SIMULAZIONE (INTERVALLI DI CONFIDENZA AL 95%).

Oltre alle spore, anche il **micelio** può rappresentare una fonte di inoculo infettivo, ma la trasmissione della malattia per via miceliare è meno frequente e avviene prevalentemente a seguito di interventi antropici (es. innesti operati con materiale di propagazione infetto o su portainnesto infetto, utilizzo di utensili da taglio contaminati). Quando l'inoculo penetra attraverso la ferita e innesca il processo di infezione, il micelio del patogeno si sviluppa e si accresce colonizzando il **cambio cribro-vascolare**. Anatomicamente il cambio è un tessuto meristemato localizzato sotto corteccia e costituito da pochi strati di cellule vive che permettono l'accrescimento diametrico dell'albero, producendo nuovi tessuti e svolgendo quindi una funzione imprescindibile per la vita dell'albero. Il micelio di *C. parasitica* intacca la struttura e la funzionalità del cambio da cui assorbe i nutrienti. *C. parasitica* agisce secondo un meccanismo proprio dei **patogeni necrotrofi**, ossia portando a morte le cellule e le porzioni di tessuto vivo con cui il micelio entra in contatto tramite la produzione di **enzimi** e **fitotossine**. La **morte del cambio** in corrispondenza delle porzioni di tessuto colonizzate dal micelio determina l'insorgenza

di un sintomo tecnicamente denominato **necrosi**. La necrosi del cambio provoca un **imbrunimento** marcato del tessuto in questione, che vira dal tipico colore verde acceso verso le tonalità del marrone o del bruno-nerastro. Anche il **micelio** del patogeno è riconoscibile, in quanto costituito da un sottile feltro **color crema** con margini a ventaglio. Tuttavia, data la posizione del cambio, né la necrosi, né la presenza del micelio sono visibili ad occhio nudo poiché schermati dalla corteccia. Solo rimuovendo quest'ultima dopo aver praticato un'incisione con uno strumento da taglio è possibile osservare il sintomo a carico del tessuto cambiale e constatare la presenza del micelio di *C. parasitica* (**figura 12**).

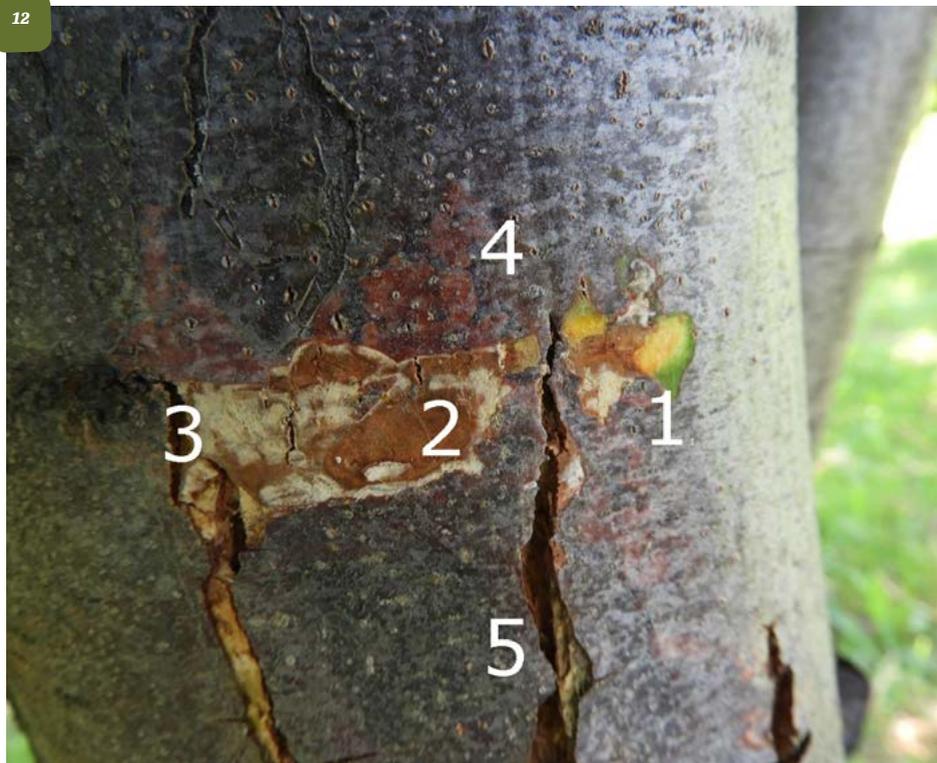


FIGURA 12

SINTOMI DETERMINATI DALL'INFEZIONE DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* SU UN POLLONE DI CASTAGNO. PRATICANDO UN'INCISIONE PER ASPORTARE LA CORTECCIA E I TESSUTI IMMEDIATAMENTE SOTTOSTANTI SI EVIDENZIA IL CAMBIO, CHE APPARE COME UN TESSUTO VITALE DI COLOR VERDE ACCESO (1). LA STESSA INCISIONE, PRATICATA PIÙ SULLA SINISTRA, MOSTRA INVECE LA NECROSI DEL CAMBIO SOPRAGGIUNTA A SEGUITO DELL'INFEZIONE E IL CONSEGUENTE IMBRUNIMENTO DEL CAMBIO (2). IN CORRISPONDENZA DELLE NECROSI CAMBIALI, SI PUÒ NOTARE IL MICELIO COLOR CREMA DI *C. PARASITICA* (3). ESTERNAMENTE, TUTTO QUESTO NON È VISIBILE, MENTRE APPAIONO EVIDENTI IN CORRISPONDENZA DI UNA PORZIONE DEL FUSTO DEPRESSA LE ALTERAZIONI DI COLORE ROSSASTRO SULLA CORTECCIA (4) E LE LESIONI CANCEROSE (5). ULTERIORI PARTICOLARI DEI SINTOMI DESCRITTI SONO ILLUSTRATI NELLE FIGURE SEGUENTI.

L'avvenuta infezione determina però anche una serie di **sintomi visibili**, la cui osservazione può essere condotta direttamente in foresta. I sintomi incipienti della malattia possono essere riscontrati sulla superficie degli organi legnosi, sui quali si evidenzia la comparsa di **aree depresse** in corrispondenza delle quali la corteccia appare concava a seguito della perdita di funzionalità del cambio (**figura 13**). In un secondo momento insorgono delle **alterazioni di colore della corteccia**, su cui appaiono delle tacche di colore **aranciato** o **rosso-mattone** (**figura 14**).

FIGURA 13

POLLONE DI CASTAGNO SU CUI SI NOTA LA PRESENZA DI UN'AREA FORTEMENTE DEPRESSA E CONCAVA RISPETTO ALLE PORZIONI DI CORTECCIA CIRCOSTANTE. LA DEPRESSIONE (EVIDENZIATA IN GIALLO) È CONSEGUENZA DELL'INATTIVAZIONE DEL CAMBIO DETERMINATA DALL'INFEZIONE DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA*.

FIGURA 14

POLLONE DI CASTAGNO CON ALTERAZIONI DI COLORE DELLA CORTECCIA, CHE APPAIONO COME TACCHE DI COLORE ARANCIATO O ROSSO-MATTONE, LA CUI COMPARSA È UN SINTOMO INDOTTO DA *CRYPHONECTRIA PARASITICA*.

13



14



Le tensioni di accrescimento che si generano a seguito della parziale necrotizzazione del cambio determinano l'insorgenza del sintomo più caratteristico della malattia, ossia del **cancro**. Per cancro si intende il manifestarsi di **lesioni** della corteccia e dei tessuti immediatamente sottostanti, visibili come **spaccature** longitudinali più o meno profonde, intorno alle quali la **corteccia** appare **sfrangiata** e con placche o strisce di ritidoma sollevate. Su castagno possono essere rinvenute due principali **tipologie di cancro**, il **cancro letale** e il cancro non letale cicatrizzato. In corrispondenza di un cancro letale (**figura 15**) le lesioni sono generalmente più evidenti, marcate e solcate. Alla base di un cancro letale si verifica una proliferazione di getti epicormici, che vanno incontro a rapido disseccamento. La **porzione distale** dell'organo colpito manifesta sintomi di sofferenza al di sopra del punto in cui è insorto il cancro.

FIGURA 15

CANCRI CORTICALI LETALI INSORTI SU POLLONI DI CASTAGNO A SEGUITO DELL'INFEZIONE DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA*. SONO VISIBILI LE PROFONDE LESIONI SOLCATE CHE DECORRONO LONGITUDINALMENTE LUNGO LA PORZIONE DELL'ORGANO LEGNOSO COLPITO. ALLA BASE DEL CANCRO MOSTRATO NELL'IMMAGINE IN ALTO SI NOTANO I RAMETTI EPICORMICI EMESSI DALL'ALBERO E SUCCESSIVAMENTE DISSECCATI A SEGUITO DELL'AZIONE DEL PATOGENO. IL PROLIFERARE DI QUESTI RISCOPPI VEGETATIVI È UN ELEMENTO CHE SI PUÒ OSSERVARE RICORRENTEMENTE IN PRESENZA DI CANCRI LETALI.



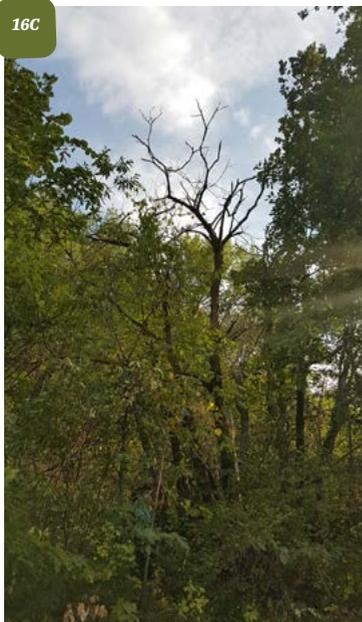
16A



16B



16C

**FIGURA 16**

CASTAGNI CON SINTOMI IN CHIOMA ASSOCIATI ALLA PRESENZA DI CANCRI CORTICALI LETALI DA *CRYPTHONECTRIA PARASITICA*. LA PORZIONE DISTALE DEI RAMI DISSECCA AL DI SOPRA DEL PUNTO IN CUI SONO INSORTE LE LESIONI CANCEROSE (A). BRANCHE E RAMI DISSECCANO IN CONSEGUENZA DEI CANCRI E L'ALBERO REAGISCE EMETTENDO UNA PROFUSIONE DI RISCOPPI VEGETATIVI E GETTI EPICORMICI (B). IL CASTAGNO DISSECCA E VA INCONTRO A MORTE A CAUSA DELLA GRAVITÀ DELLA MALATTIA (C).

FIGURA 17

CANCRI CORTICALI NON LETALI INSORTI SU POLLONI DI CASTAGNO A SEGUITO DELL'INFEZIONE DI *CRYPTHONECTRIA PARASITICA*. LE LESIONI A CARICO DELLA CORTECCIA E DEI TESSUTI SOTTOSTANTI SONO POCO PROFONDE E SI PUÒ OSSERVARE LA REAZIONE DELL'ALBERO CHE DEPONE ABBONDANTE TESSUTO CICATRIZIALE IN RISPOSTA ALL'INFEZIONE. DI CONSEGUENZA, LA CORTECCIA È PIÙ O MENO CORRUGATA IN FUNZIONE DEL LIVELLO DI CICATRIZZAZIONE, MA NON APPARE SENSIBILMENTE SFRANGIATA (A, B E C). ALLA BASE DEL CANCRO NON SI OSSERVANO RISCOPPI DI RAMETTI EPICORMICI, CHE SONO INVECE UN ELEMENTO DISTINTIVO DELLA MAGGIORANZA DEI CANCRI LETALI. IN ALCUNI CASI È POSSIBILE OSSERVARE UN RIGONFIAMENTO DEL POLLONE IN PROSSIMITÀ DEL CANCRO NON LETALE.

17A



Questi sintomi possono includere appassimenti, avvizzimenti e caduta precoce delle foglie (*filloptosi anticipata*), che preludono al successivo *disseccamento* e alla *morte* del *ramo*, della *branca*, del *pollone*, o dell'*albero* colpiti (**figura 16**). In corrispondenza del cancro letale non si osservano evidenti deposizioni di tessuto cicatriziale. Invece, nel caso del *cancro non letale* (**figura 17**) l'espressione dei sintomi è attenuata: le lesioni sono meno marcate e tendono a distribuirsi superficialmente, non si assiste all'emissione di ricacci alla base del cancro e l'albero ha la possibilità di estrinseca-

17B



17C



re una reazione fisiologica di contrasto al patogeno. Questa reazione avviene mediante la **deposizione di callo cicatriziale** grazie alla quale il decorso della malattia non tende a sfociare nel disseccamento dell'organo interessato, a meno che non si tratti di giovani rami, polloni o innesti di diametro particolarmente ridotto. Il cancro non letale può essere a sua volta distinto in funzione del **livello di cicatrizzazione**, ma per semplificare l'esposizione in questo manuale si adotterà il termine "cancro non letale cicatrizzato".

È noto come il cancro letale ed il cancro non letale siano associati a due diverse tipologie di ceppi di *C. parasitica*, ovvero ai **ceppi virulenti** e **ipovirulenti**. I ceppi ipovirulenti determinano il cancro non letale e sono contraddistinti da caratteristiche genotipiche e fenotipiche che li differenziano marcatamente dai ceppi virulenti, questi ultimi associati ai cancri letali. I ceppi ipovirulenti di *C. parasitica* sono infatti "patogeni indeboliti" poiché a loro volta hanno contratto un'infezione causata da un virus denominato ***Cryphonectria hypovirus 1 (CHV1)***. Il virus CHV1 deprime la virulenza di *C. parasitica*; conseguentemente questi ceppi determinano cancri la cui espressione sintomatologica è fortemen-

te attenuata e il cui decorso è generalmente non letale. A livello morfologico, le colture *in vitro* dei ceppi ipovirulenti di *C. parasitica* evidenziano una colorazione biancastra e una sporulazione ridotta rispetto ai ceppi virulenti, che sono invece tendenti all'arancione (**figura 18**), i quali sono in genere arancioni. Il virus CHV1 può essere trasmesso dai ceppi ipovirulenti infetti dal virus ai ceppi virulenti non infetti. Quando la trasmissione del virus avviene, i ceppi virulenti subiscono un processo di conversione, che li rende ipovirulenti.



Questo fenomeno (noto come **ipovirulenza esclusiva**) si fonda su **meccanismi biologici complessi**, che sono alla base degli orientamenti di **lotta biologica** e **selvicolturale** per contrastare il cancro corticale da *C. parasitica* (cfr. capitolo dedicato e relativo **box 3**). In corrispondenza del cancro, sia esso letale o no, il patogeno produce le strutture moltiplicative e/o riproduttive che libereranno le spore che saranno responsabili di nuove infezioni. Occorre tuttavia rammentare che, in quanto patogeno non obbligato, il fungo può

sopravvivere anche come saprotrofo e produrre spore a seguito della colonizzazione di substrati costituiti da **toppi** e **ramaglie di castagno** presenti a terra (**figura 19**). La produzione di stromi e delle strutture riproduttive o moltiplicative costituisce la fase che convenzionalmente chiude il **ciclo biologico** di *C. parasitica* (**figura 20**). Inoltre, *C. parasitica* può infettare alberi o colonizzare topi e ramaglie di **querce**, ospiti sui quali il patogeno non causa danni rilevanti, ma che possono costituire una **riserva di inoculo del patogeno**.

FIGURA 18

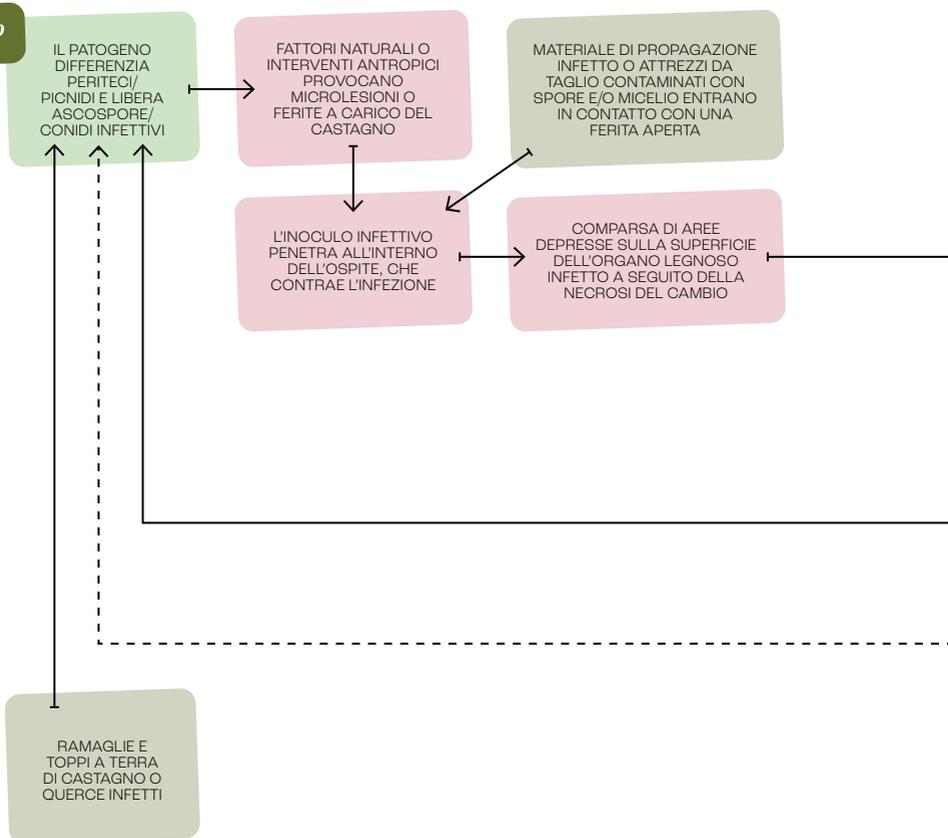
DIFFERENZE FENOTIPICHE TRA CEPI VIRULENTI E IPOVIRULENTI DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA*. CULTURA IN VITRO DI UN CEppo VIRULENTO DEL PATOGENO, IL CUI MICELIO NON È STATO INFETTATO DAL *CRYPHONECTRIA HYPOVIRUS 1* (CHV1): LA COLONIA APPARE DI UN COLORE ARANCIONE E LA PRODUZIONE DI CONIDI È ABBONDANTE (A). LA SECONDA IMMAGINE MOSTRA INVECE UN CEppo IPOVIRULENTO DI *C. PARASITICA* INFETTO DA CHV1: LA COLONIA È BIANCASTRA, LA PRODUZIONE DI CONIDI È RIDOTTA (B).

FIGURA 19

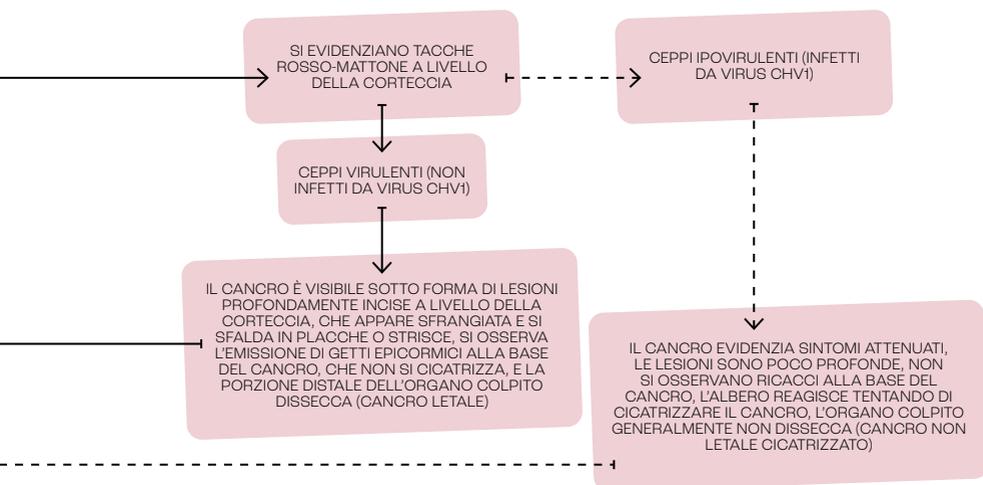
RAMO DI CASTAGNO INFETTO DA *CRYPHONECTRIA PARASITICA* RACCOLTO DALLA LETTIERA. SI POSSONO OSSERVARE GLI STROMI DEL FUNGO, CHE APPAIONO COME MINUSCOLI CUSCINETTI DI COLORE ROSSASTRO DISTRIBUITI SULLA SUPERFICIE DELLA CORTECCIA. LE RAMAGLIE E I TOPPI A TERRA COSTITUISCONO UNA POTENZIALE RISERVA DI INOCULO DEL PATOGENO.

19



**FIGURA 20**

SCHEMA SEMPLIFICATO DEL CICLO BIOLOGICO DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* E DELLE SUE RELAZIONI CON IL QUADRO SINTOMATOLOGICO E IL DECORSO DEL CANCRO CORTICALE DEL CASTAGNO. IL RIQUADRO VERDE INDICA L'INIZIO CONVENZIONALE DEL CICLO, I RIQUADRI BLU EVENTUALI VARIANTI IN INGRESSO, MENTRE I RIQUADRI IN ROSA DESCRIVONO LE DIVERSE FASI. LE FRECCE INDICANO LA SUCCESSIONE DEGLI EVENTI. IL TRATTEGGIO DISTINGUE ALCUNE PECULIARITÀ ASSOCIATE AI CEPPI IPOVIRULENTI DEL PATOGENO.



IL MAL DELL'INCHIOSTRO DEL CASTAGNO

Il *mal dell'inchiostro* può essere considerato tra le **principali avversità** per il castagno in Europa, dove in Portogallo, Spagna e Italia è segnalato almeno dal XVIII secolo. Nel corso del 1900, questa malattia è stata in parte sottovalutata, soprattutto a causa della comparsa e rapida diffusione del cancro corticale del castagno. Tuttavia, negli anni 1990' questa malattia sembrerebbe essere tornata una tematica di

stringente attualità, in quanto sono aumentate notevolmente le segnalazioni di recrudescenze e nuovi focolai. Oggi giorno il mal dell'inchiostro è diffuso soprattutto nell'areale meridionale di distribuzione del castagno (Spagna, Portogallo, Francia, Svizzera, Italia, Grecia, Romania, Macedonia, Turchia). Tuttavia, anche Paesi più a nord come la Germania, Gran Bretagna e la Repubblica Ceca ne sono sempre più frequentemente interessati. Gli alberi colpiti dal mal dell'inchiostro mostrano un **diradamento della chioma**, la presenza di foglie di dimen-

sioni ridotte (*microfillia*) e possono incorrere in un marcato e rapido *deperimento*. A livello del colletto e alla base del tronco gli alberi infetti presentano delle *necrosi corticali* tipicamente accompagnate da una fuoriuscita di liquido nerastro che dà il nome alla malattia. Asportando la corteccia si osserva una caratteristica *fiammatura*, costituita da un'area in cui il cambio assume una colorazione *nerastra*, che dalle radici risale fino al colletto (*figura 21*). Essendo interessato l'intero *apparato radicale*, gli alberi

colpiti dal mal dell'inchiostro non sono in grado di emettere nuovi polloni, a differenza di quanto invece avviene per i castagni che hanno contratto il cancro corticale.

Il mal dell'inchiostro è causato principalmente da due specie di oomiceti del genere *Phytophthora*, ovvero *P. cinnamomi* e *P. x cambivora*. Gli oomiceti sono microrganismi simili ai funghi, ma strettamente affini con le alghe brune e le diatomee. Entrambe le specie *vivono nel suolo* dove formano una rete di *cellule filamentose* (ife). In condizioni

FIGURA 21
SINTOMI TIPICI DEL MAL DELL'INCHIOSTRO DEL CASTAGNO. DIRADAMENTO E DISSECCAMENTO DELL'INTERA CHIOMA (A) E NECROSI SOTTOCORTICALE DI COLORE NERASTRO NELLA ZONA DEL COLLETTO (B).

21A



21B



meteorologiche favorevoli, dopo abbondanti precipitazioni, esse possono produrre spore asessuate biflagellate (**zoospore**) che hanno la capacità di muoversi attivamente nella soluzione circolante del suolo. Quando le zoospore raggiungono le radici di un castagno, perdono i loro flagelli, germinano e causano **un'infezione** che di solito porta a un **marciume radicale letale**. In condizioni sfavorevoli (ad es. periodi di siccità), *P. cinnamomi* può anche formare un altro tipo di spore asessuate (**clamidospore**), importanti per la sua sopravvivenza a lungo termine. *P. cinnamomi* e *P. x cambivora* possono anche riprodursi sessualmente e produrre **oospore**. Sia *P. cinnamomi* che *P. x cambivora* **non sono specie europee**. La prima è probabilmente originaria della Papua Nuova Guinea, mentre l'esatta provenienza di *P. x cambivora* non è ancora conosciuta. Tramite il commercio internazionale di **materiale vegetale infetto** esse sono state rapidamente diffuse in tutto il mondo. Ambedue i patogeni possono attaccare un numero molto elevato di piante ospiti. Con uno spettro di oltre 5000 specie vegetali, *P. cinnamomi* è tra le 100 **specie invasive** più pericolose al mondo. Oltre al castagno, in Europa essa provoca danni ingenti alla quercia da sughero (*Quer-*

cus suber) e ai lecci (*Quercus ilex*) nella cosiddetta “**dehesa**”, il tipico sistema agroforestale della penisola iberica. In Europa centrale, *P. x cambivora* è invece sempre più frequentemente segnalata su faggio (*Fagus sylvatica*). Il principale fattore limitante per una più ampia diffusione di questi due patogeni in Europa sembrerebbe essere la temperatura. In particolare, *P. cinnamomi* è molto sensibile al freddo e non è stata ancora trovata in regioni dove le temperature minime sono inferiori a 1,4 °C. In un castagneto colpito dal mal dell'inchiostro, il suolo è contaminato da uno o entrambi gli agenti patogeni e non è realistico eradicare completamente la malattia. Le strategie di lotta mirano perciò a **ridurre l'incidenza della malattia e prevenirne un'ulteriore diffusione**. Una misura relativamente semplice e per lo più attuabile è quella di **migliorare il drenaggio del suolo**, per esempio allestendo degli **appositi canali** per smaltire l'acqua di superficie. Infatti, i terreni umidi e con ristagno idrico o lento deflusso delle acque favoriscono la formazione e la diffusione delle zoospore che possono muoversi attivamente nell'acqua. Soprattutto dopo forti piogge, esse si sviluppano in massa e vengono diffuse su un'ampia area dall'acqua piovana,

incrementando il rischio di infezione. Il trasporto di **suolo contaminato** (semplicemente tramite le suole delle scarpe o gli pneumatici dei veicoli forestali) deve essere assolutamente evitato, in particolare durante e subito dopo le piogge. Poiché i castagni asiatici sono meno suscettibili al mal dell'inchiostro, in specifiche situazioni (ad es. in castagneti da frutto) ibridi euro-asiatici potrebbero rappresentare una valida alternativa al castagno europeo. In ogni caso, sementi e altro materiale di propagazione andrebbero acquisiti solo presso operatori professionali del settore vivaistico, e dopo attenta ispezione del succitato materiale.

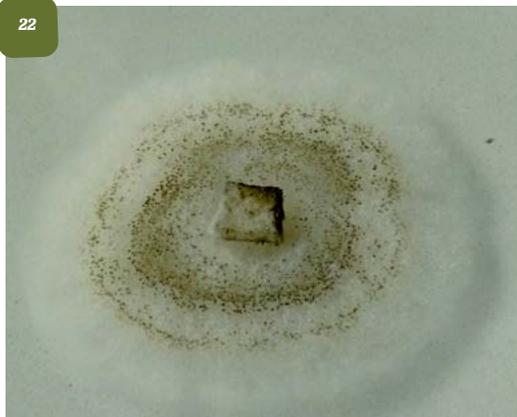
LE MALATTIE ASSOCIATE A GNOMONIOPSIS CASTANEAEE

A partire dai primi anni 2000' i castanicoltori di Paesi tra cui l'Italia e la Svizzera hanno iniziato a lamentare un rilevante incremento di perdite di prodotto nei castagneti da frutto, in conseguenza di un'elevata incidenza del marciume della castagna. I sintomi osservati in pre- e in post-raccolta a livello dell'endosperma non coincidevano pienamente

con il quadro sintomatologico determinato dai più comuni agenti di marciume del frutto, tra cui i funghi ascomiceti *Ciboria batschiana* (Zopf) N.F., *Phoma* spp. e *Phomopsis* spp. Inoltre, dai saggi di isolamento microbico condotti si ottenevano ripetutamente delle colonie le cui peculiari caratteristiche macro- e micromorfologiche non corrispondevano con quelle delle specie fungine generalmente associate a castagne marcescenti. A seguito di ulteriori studi e di indagini più approfondite, è stato possibile appurare che l'agente causale della recrudescenza del marciume del frutto era una specie di fungo ascomicete ancora sconosciuta, che è stata descritta per la prima volta nel 2012 con il nome di *Gnomoniopsis castaneae* (figura 22), anche nota con il sinonimo di *G. smithogilyyi*. Da allora, le segnalazioni del patogeno si sono susseguite incessantemente da Europa, Asia, Oceania e America. L'attuale areale geografico di distribuzione del patogeno non è ancora del tutto noto, mentre quello di origine è completamente sconosciuto. Tuttavia, in considerazione dell'impatto e dei livelli di incidenza e gravità che il **marciume della castagna** (figura 23) causato da *G. castaneae* ha determinato fino ad oggi, la

comunità scientifica e i tecnici del settore castanicolo sono concordi nel sostenere che questo patogeno rappresenti una delle principali minacce per la castanicoltura da frutto a scala intercontinentale.

22



23A



23B



FIGURA 22
COLTURA IN VITRO DEL FUNGO ASCOMICETE FITOPATOGENO GNOMONIOPSIS CASTANEAEE.

FIGURA 23
IL MARCIUME DELLA CASTAGNA CAUSATO DA GNOMONIOPSIS CASTANEAEE. IL SINTOMO PIÙ TIPICO È UN MARCIUME CHE DETERMINA LA DEGRADAZIONE DELL'ENDOSPERMA, IL CUI COLORE VIRA VERSO LE TONALITÀ DEL MARRONE (A), MA IL FUNGO PUÒ ESSERE ANCHE ASSOCIATO A UNA DISIDRATAZIONE DEL FRUTTO CHE TENDE AD ASSUMERE UNA CONSISTENZA GESSOSA ED UN COLORITO BIANCASTRO (B).

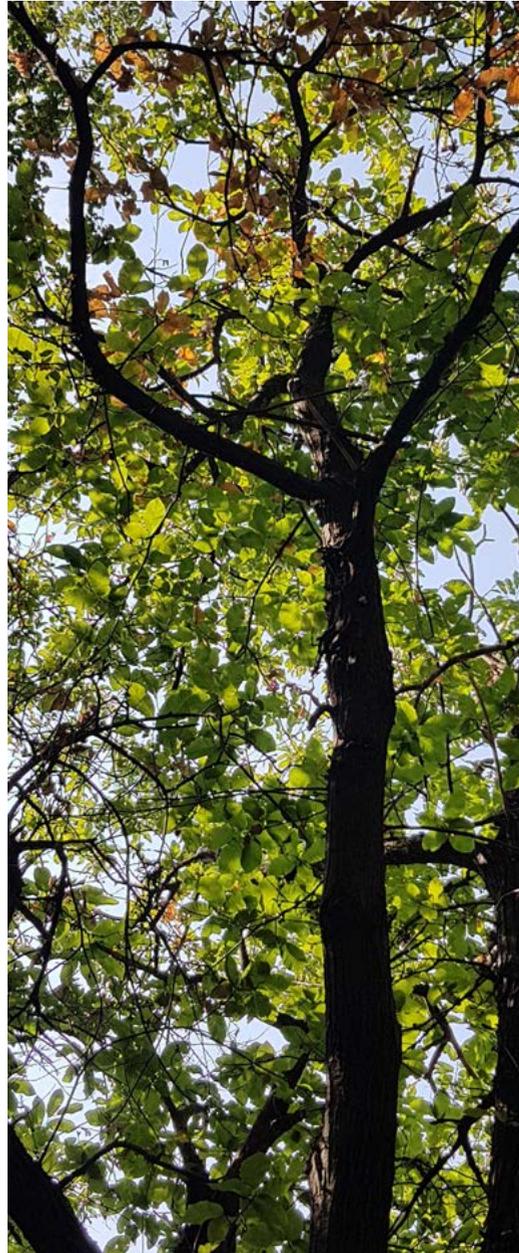
Il marciume del frutto è una tematica che esula dalla trattazione proposta in questo manuale, in quanto non è una problematica strettamente attinente alle filiere forestali e ai principali servizi ecosistemici offerti dal bosco di castagno governato a ceduo. Tuttavia, *G. castaneae* non è solo un agente di marciume della castagna, ma è stato segnalato anche in associazione ad altre malattie tra cui **cancri corticali**. Sebbene allo stato attuale le conoscenze sulla relazione tra *G. castaneae* e cancro corticale siano ancora in larga misura lacunose, alcune indicazioni suggeriscono che i cancri indotti dal patogeno non siano troppo dissimili da quelli causati da *C. parasitica*, tanto che in molti casi *G. castaneae* è stato isolato inaspettatamente, proprio in occasione di campagne di monitoraggio fitosanitario rivolte a *C. parasitica*. Test condotti in ambiente controllato tramite inoculazioni artificiali hanno evidenziato la patogenicità di *G. castaneae* e la sua capacità di riprodurre sintomi di necrosi dei tessuti sottocorticali e cancro. In foresta, però, non si hanno ancora stime attendibili relativamente all'impatto del cancro putativamente associato a *G. castaneae*. La difficoltà pratica nell'effettuare queste stime dipende da svariati fattori. In primo luogo, di-

stinguere tra cancri causati da *G. castaneae* e da *C. parasitica* può risultare particolarmente difficile in base alla sola disamina del quadro sintomatologico. Inoltre, *G. castaneae* è un fungo particolarmente versatile, essendo in grado di colonizzare castagne e tessuti verdi dell'albero come **endofita**, ossia come un microrganismo che convive con l'ospite senza indurre sintomi di malattia. A rendere il quadro ancora più complesso contribuisce il fatto che *G. castaneae* è anche un **fungo saprotrofo**, che può colonizzare substrati costituiti da sostanza organica di origine vegetale presente a livello della lettiera. Conseguentemente, anche se *G. castaneae* fosse isolato da tessuti di castagno sintomatici, stabilire un'associazione di causa-effetto tra la presenza del fungo e il sintomo potrebbe essere azzardato. Infatti, *G. castaneae* potrebbe essere presente nei tessuti sottocorticali come endofita, come patogeno latente (ossia un fungo capace di passare dallo stato di endofita a patogeno), o essere sopravvenuto successivamente all'azione di *C. parasitica*. Indagare a livello scientifico e sperimentale l'eziologia del cancro da *G. castaneae* esula dallo scopo del progetto MONGEFITOFOR, tuttavia monitorare la presenza del patogeno negli areali

transfrontalieri italo-svizzeri è fondamentale per avere contezza della sua presenza, incidenza e distribuzione geografica. Al momento, tra i pochi termini di confronto disponibili, si può annoverare una segnalazione che riporta un'incidenza di *G. castaneae* su rami sintomatici di castagno pari al 39%, limitatamente ad alcuni siti del Kashmir indiano.

In relazione all'associazione tra *G. castaneae* e ***necrosi fogliari***, le conoscenze disponibili sono altrettanto scarse. Tuttavia, in letteratura non sono state evidenziate fino ad ora segnalazioni significative in merito a questa problematica.

In relazione al ***ciclo biologico***, all'***epidemiologia*** e all'***ecologia*** di *G. castaneae*, è noto che il fungo produce le strutture riproduttive della forma sessuale sulle spine dei ricci delle castagne presenti a terra. Le strutture moltiplicative della fase asessuale sono invece prodotte sulla superficie dei cancri o sulle galle di *D. kuriphilus*, se presenti. Ascospore e conidi infettano il castagno per via fiorale durante il periodo dell'antesi, per poi determinare il marciume della castagna e terminare idealmente il ciclo con la caduta dei ricci. Tuttavia, non si può escludere che vi siano altre modalità di



infezione, specialmente in relazione al cancro. Nei settori alpini nordoccidentali, l'andamento della pressione di inoculo (intesa come **produzione di ascospore e conidi**) indica che *G. castaneae* è in grado di rilasciare inoculo infettivo durante tutto il corso dell'an-

no. Sebbene non sia evidente un vero e proprio andamento stagionale come nel caso di *C. parasitica*, in **inverno** la produzione di inoculo di *G. castaneae* raggiunge il **minimo**, mentre nelle altre stagioni i valori sono tra loro statisticamente comparabili (**figura 24**).

24

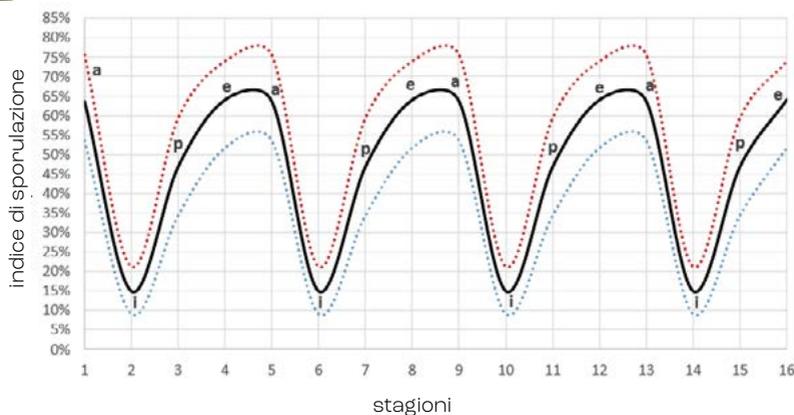


FIGURA 24
ANDAMENTO STAGIONALE DELLA PRODUZIONE DI SPORE DI GNOMONIOPSIS CASTANEEAE NEI SETTORI ALPINI NORDOCCIDENTALI (IN NERO) ESTRAPOLATA DA DATI RIPORTATI IN LETTERATURA (LIONE ET AL. 2021). IL GRAFICO MOSTRA L'ANDAMENTO SIMULATO PER UN PERIODO DI 4 ANNI (16 STAGIONI CONSECUTIVE, DA 1 A 16 IN ASCISSA). IN CORRISPONDENZA DI CIASCUNA STAGIONE (A: AUTUNNO; I: INVERNO; P: PRIMAVERA; E: ESTATE) È RIPORTATO UN INDICE EMPIRICO DI SPORULAZIONE (IN ORDINATA), CHE INDICA LA PRESSIONE DI INOCULO. SONO EVIDENTI I MINIMI INVERNALI, MENTRE PRIMAVERA, ESTATE E AUTUNNO MOSTRANO VALORI STATISTICAMENTE COMPARABILI. LE CURVE IN ROSSO E BLU INDICANO L'INCERTEZZA DELLA SIMULAZIONE (INTERVALLI DI CONFIDENZA AL 95%).

A livello ecologico, sembra che le **temperature più miti** siano favorevoli non solo ad una **più elevata incidenza** del marciume del frutto, ma siano anche un fattore significativo nel determinare una maggiore **pressione di inoculo** infettivo di *G. castaneae*. **Livelli crescenti** della pressione di inoculo sono inoltre correlati positivamente con le **raffiche di vento** che interessano una determinata stazione.

IL MONITORAGGIO FITOSANITARIO DEL CASTAGNO IN VALLE D'AOSTA

Nel corso del progetto MON-GEFITOFOR è stata condotta una campagna sistematica di **monitoraggio fitosanitario** del **castagno** in Valle d'Aosta attraverso una serie di **rilievi in foresta**, accompagnati dal prelievo di **campioni biologici** e dalla loro successiva **analisi in laboratorio**. In riferimento alle malattie del castagno precedentemente descritte e ai patogeni target *C. parasitica*, *G. castaneae* e *Phytophthora* spp. il quadro conoscitivo circa la loro presenza, distribuzione e impatto era lacunoso per il versante italiano degli areali transfrontalieri confinanti con la Svizzera. Con l'obietti-

vo di acquisire informazioni puntuali in merito, tramite le attività del progetto MON-GEFITOFOR si è proceduto in particolare a:

- operare una valutazione qualitativa e quantitativa del **quadro sintomatologico** evidenziato dal castagno in popolamenti a governo ceduo rappresentativi degli areali transfrontalieri italo-svizzeri;
- **diagnosticare** la presenza, stimare l'incidenza e determinare la distribuzione spaziale dei patogeni target;
- accertare l'eventuale sussistenza di altre problematiche di carattere fitosanitario.

Al fine di selezionare i siti nei quali effettuare il monitoraggio, è stata condotta una caratterizzazione preliminare dei cedui di castagno sulla base del censimento dei tipi forestali e dei dati in possesso del Corpo Forestale della Valle d'Aosta. Ulteriori operazioni di selezione sono state condotte adottando una serie di criteri atti a coniugare esigenze tecnico-scientifiche con aspetti logistici ed amministrativi, privilegiando siti:

- dislocati in tutto l'areale di diffusione naturale del castagno in Valle d'Aosta, in senso latitudinale e longitudinale;
- collocati a quote rappresentative dei piani altitudinali in cui il castagno vegeta nella regione;

- bilanciati nei confronti dell'esposizione di versante;
- posti su versanti con pendenze diverse;
- accessibili in quanto serviti da viabilità;
- preferibilmente di proprietà pubblica o consortile.

Il monitoraggio dello stato di salute del castagno nel territorio valdostano è stato condotto nell'arco di due anni (2020-2021), effettuando le analisi di campo nei mesi estivi in 21 siti appositamente selezionati (**figura 25**). Si è proceduto ad

effettuare una caratterizzazione dei siti volta ad acquisire variabili dendrometriche e di rilevanza fitopatologica (**figura 26**). In particolare, è stata effettuata un'analisi visiva del quadro sintomatologico accertandone la coerenza con quanto noto dalla letteratura scientifica internazionale.

Nel corso dei sopralluoghi è stato effettuato il prelievo di campioni biologici da tessuti legnosi (**figura 26**) di castagni in vegetazione, e da castagne presenti a livello della lettiera.

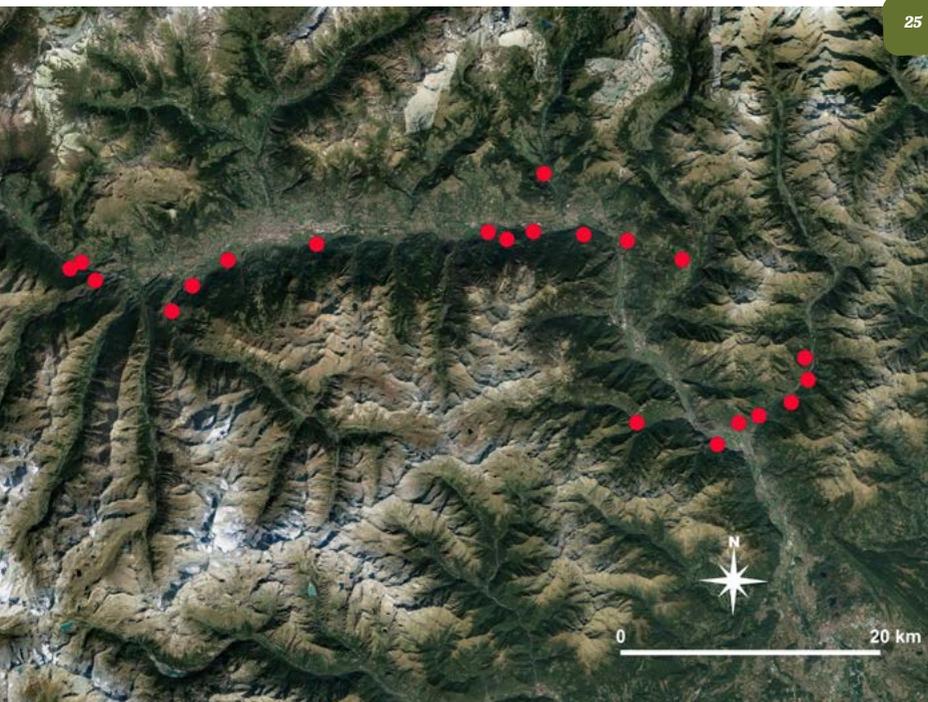


FIGURA 25
 CARTA DEI SITI IN CUI È STATO CONDOTTO IL MONITORAGGIO FITOSANITARIO SU CASTAGNO NEL CORSO DEL PROGETTO MONGEFITOR. NELLA CARTA I SITI SONO EVIDENZIATI IN ROSSO. SULLO SFONDO, IMMAGINE SATELLITARE DEGLI AREALI TRANSFRONTALIERI ITALO-SVIZZERI INTERESSATI DAL PROGETTO (FONTE: GOOGLE MAPS, 2023).

FIGURA 26
 ACQUISIZIONE DELLE VARIABILI UTILI PER LA CARATTERIZZAZIONE DENDROMETRICA E LA VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE COMPLESSIVO DEL CASTAGNO. L'OPERATORE PROCEDE MISURANDO I DIAMETRI DEI POLLONI DELLA CEPPAIA E VALUTANDO LA GRAVITÀ DEI SINTOMI ASSOCIATI AI PATOGENI TARGET, VERIFICANDO NEL CONTEMPO LA PRESENZA DI ALTRE EVENTUALI CRITICITÀ (A). PRELIEVO DI CAMPIONI DI TESSUTI LEGNOSI IN PROSSIMITÀ DI CANCRI (B). REALIZZAZIONE DI SPECCHIATURE AL COLLETTO PER ACCERTARE LA PRESENZA DI EVENTUALI SINTOMI RICONDUCIBILI AL MAL DELL'INCHIOSTRO (C).

26A



26B



26C



I campioni sono stati successivamente trasferiti presso i *Laboratori di Patologia vegetale forestale e di Biotecnologie fitopatologiche forestali* del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA)”. dell’Universi-

tà di Torino, dove sono stati analizzati avvalendosi di *tecniche diagnostiche microbiologiche*. Le analisi hanno permesso di verificare la presenza dei patogeni target e di quantificarne l’incidenza (**box 2**).

BOX 2

La diagnosi in laboratorio

L’osservazione dei sintomi in campo permette di individuare la sussistenza di una problematica di carattere fitosanitario e di formulare alcune ipotesi sulle sue possibili cause, ma la diagnosi in laboratorio consente di accertare la presenza del patogeno e di confermarne l’identità. Nel corso del progetto MONGEFITOFOR sono state condotte analisi di laboratorio basate principalmente su tecniche di microbiologia e microscopia classiche, tra cui i saggi di isolamento microbico. A seguito del prelievo di campioni di tessuti vegetali, si opera in ambiente sterile, sotto cappa biologica, ponendo alcuni frammenti del campione in coltura su appositi substrati agarizzati. L’obiettivo è ottenere delle colture *in vitro* dei microrganismi patogeni (**figura 27**). Le colonie di funghi o cromisti così ottenute sono successivamente sottoposte ad indagini microscopiche o molecolari (es. PCR, real-time PCR) per accertarne l’identità a livello di specie.



FIGURA 27
ALCUNE FASI DELLE ANALISI DI LABORATORIO CONDOTTE SU CAMPIONI BIOLOGICI DI TESSUTI VEGETALI DI CASTAGNO. LE IMMAGINI MOSTRANO ALCUNI MOMENTI DELL’ESECUZIONE DEI SAGGI DI ISOLAMENTO MICROBICO FINALIZZATI ALLA DIAGNOSI DEI PATOGENI



TARGET. OPERAZIONI CONDOTTE IN AMBIENTE STERILE, SOTTO CAPPA BIOLOGICA, PER PORRE ALCUNI FRAMMENTI DI TESSUTO IN CULTURA SU SUBSTRATI AGARIZZATI (A). CAPSULE PETRI CON COLONIE FUNGINE SVILUPPATESI DAI FRAMMENTI DI TESSUTO POSTI IN CULTURA (B).

INCIDENZA, GRAVITÀ E DISTRIBUZIONE DELLE MALATTIE DEL CASTAGNO E DEI PATOGENI TARGET

I cedui di castagno monitorati in Valle d'Aosta si collocano ad una quota che va dai 380 m s.l.m. fino ai 1380 m s.l.m. La maggioranza di questi (67%) è distribuito in bassa valle, mentre i rimanenti in media (9%) e alta valle (24%), con pendenze variabili da 3% a 78% circa. I rilievi dendrometrici hanno evidenziato che il castagno presente negli areali di progetto è tendenzialmente maturo o stramaturato, anche se non mancano siti con polloni più giovani. I diametri medi a petto d'uomo dei polloni si sono attestati su valori compresi approssimativamente tra 30 e 35 cm, ma localmente sono stati registrati diametri sensibilmente maggiori per la presenza di matricine derivanti dalla commistione tra ceduo ed ex castagneti da frutto abbandonati. Diametri medi di poco superiori a 10-15 cm sono stati invece rilevati in alcuni siti sottoposti a ceduzioni più recenti.

La disamina puntuale del quadro sintomatologico descritto nei capitoli precedenti ha permesso di valutare lo

stato di salute del castagno negli areali di progetto relativamente al versante italiano, per il quale presenza, incidenza e gravità delle diverse malattie associate ai **patogeni target** *C. parasitica*, *G. castaneae* e *Phytophthora* spp. non erano note prima dell'avvio del progetto MONGEFITO-FOR.

Complessivamente, **sintomi di cancro corticale** del castagno sono stati individuati **in tutti i siti monitorati**, nonostante questi fossero molto diversi per caratteristiche stazionali, culturali e dendrometriche. I dati sembrano quindi suggerire che, anche negli areali transfrontalieri italo-svizzeri, il cancro corticale del castagno sia diffuso su alberi di diverse classi di età e radicati in siti contraddistinti da condizioni ambientali e gestionali diverse. Sintomi di cancro corticale sono stati rinvenuti tanto su **polloni**, quanto su **matricine**, ed è stato possibile osservare sia **cancri letali**, sia **cancri non letali cicatrizzati**, in associazione alla caratteristica gamma dei sintomi ascrivibili all'azione di *C. parasitica* (**figura 28**).

FIGURA 28

ESEMPI RAPPRESENTATIVI DEL QUADRO SINTOMATOLOGICO ASSOCIATO A CANCRO CORTICALE RISULTANTE DAL MONITORAGGIO FITOSANITARIO DI POLLONI E MATRICINE DI CASTAGNO NEI CEDUI DEL VERSANTE ITALIANO. PRESENZA DI CANCRI LETALI (IN PRIMO PIANO) E NON LETALI CICATRIZZATI (IN SECONDO PIANO) A CARICO DI MATRICINE IN BOSCO CEDUO (A). TACCHE ROSSO MATTONE DEPRESSE E LESIONI CANCEROSE INCIPIENTI SULLA CORTECCIA DI UN GIOVANE POLLONE (B). STROMI DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* SU RAMI SINTOMATICI (C).



28B



28C



Le stime della percentuale di *rami e branche disseccati* hanno evidenziato una media complessiva del **35%**, con un valore minimo del 4% e un massimo pari a 64%. Complessivamente, i valori percentuali di disseccamenti rameali sono risultati simili tra bassa e alta valle, la prima attestatasi a 30%, la seconda a 36%. Invece, in media valle i disseccamenti hanno evidenziato una media pari a 62%. Tuttavia, occorre considerare che solo due dei 21 siti monitorati erano collocati in media valle, pertanto il dato non ha una particolare robustezza statistica.

La *gravità del cancro* è stata stimata adottando un sistema per classi, considerando i primi 5 metri di altezza dell'albero a partire dal colletto e valutando la presenza di 0-1, 2, 3, 4, 5 o più cancri (rispettivamente classe 1, 2, 3, 4, e 5). In media i siti monitorati si sono attestati ad un *punteggio* di classe pari a **4**, con un minimo di 1,6 e un massimo di 5. Lo stesso punteggio ha evidenziato valori medi di 3,7 in bassa valle, mentre valori maggiori sono stati osservati in alta valle (4,4) e media valle (4,8). Sembra pertanto esserci una *correlazione positiva* (confermata da un indice di Pearson pari a 0,71 e statisticamente significativo) *tra l'incidenza dei disseccamenti*

rameali e la **gravità del cancro**, come peraltro lecito attendersi in considerazione della biologia del patogeno e della sua interazione con l'ospite infetto, interazione che notoriamente determina il decorso della malattia. La diagnosi effettuata in laboratorio a partire dai campioni biologici di tessuti sottocorticali raccolti in campo ha evidenziato la **presenza** di *C. parasitica* in 10 siti su 21 (pari a un'**incidenza** del **48%**) e di *G. castaneae* in

17 siti (corrispondente a **81%** di incidenza). Di questi, 8 siti (38%) hanno evidenziato la presenza di entrambi i patogeni, 2 (9,5%) esclusivamente di *C. parasitica*, 9 (43%) esclusivamente di *G. castaneae*, mentre per i rimanenti 2 (9,5%) siti non sono stati ottenuti isolati di alcuna delle due specie. Di seguito sono riportate le carte della distribuzione spaziale di *C. parasitica* e *G. castaneae* realizzate in base ai risultati sopra descritti (**figura 29**).

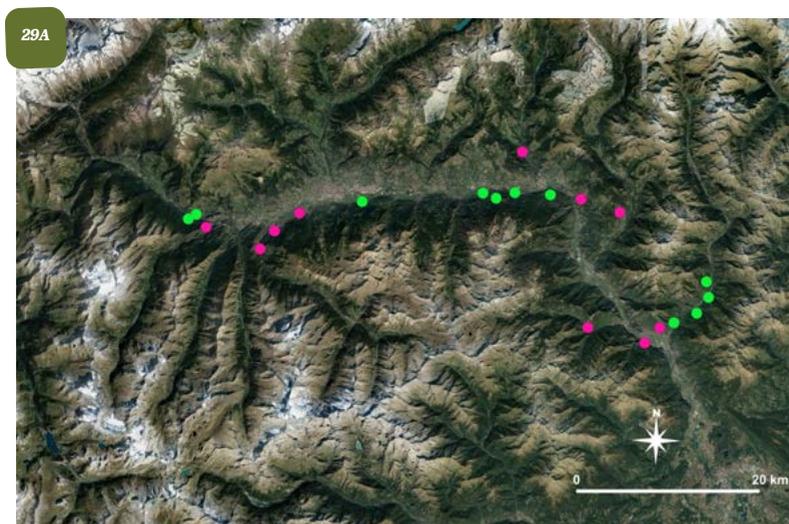
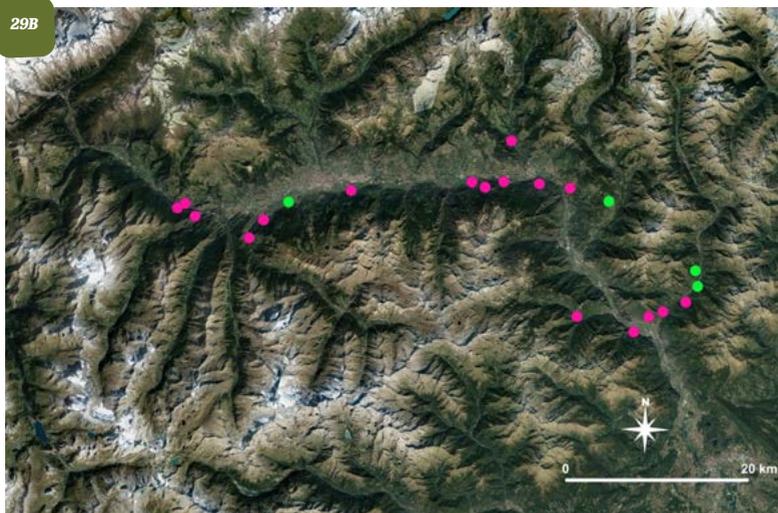


FIGURA 29
CARTE DEI SITI IN CUI È STATA DIAGNOSTICATA LA PRESENZA DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* (A) E *GNOMONIOPSIS CASTANEAE* (B) A SEGUITO DEL MONITORAGGIO FITOSANITARIO CONDOTTO DURANTE IL PROGETTO MONGEFITOPOR. I SITI IN CUI SONO STATI RINVENUTI I PATOGENI SONO RAPPRESENTATI IN FUCSIA, GLI ALTRI IN VERDE. SULLO SFONDO, IMMAGINE SATELLITARE DEGLI AREEALI TRANSFRONTALIERI ITALO-SVIZZERI INTERESSATI DAL PROGETTO (FONTE: GOOGLE MAPS, 2023).

A **livello di sito**, dove i patogeni sono risultati presenti, la loro incidenza (percentuale di alberi infetti) si è attestata su valori medi di **62%** per *C. parasitica* e **57%** per *G. castaneae*, in entrambi i casi con minimi e massimi di **20-25%** e **100%**. I dati sembrano suggerire che entrambi i patogeni siano presenti e ampiamente diffusi nell'areale di distribuzione del castagno sul versante valdostano dei settori transfrontalieri italo-svizzeri. Tuttavia,

come ricordato precedentemente, l'incidenza di *G. castaneae* non è di per sé una misura attendibile dell'impatto del cancro ad esso potenzialmente associato. Infatti, per *G. castaneae* non è possibile separare a livello diagnostico lo status di fungo fitopatogeno da quello di microrganismo endofitico. È tuttavia interessante notare che da un buon numero di siti (43%) in cui sono stati osservati sintomi di cancro corticale è stato

29B



possibile isolare *G. castaneae*, ma non *C. parasitica*. Non è possibile stabilire se questo risultato sia una conseguenza legata all'etiologia del cancro, a fenomeni di concorrenza interspecifica, o a processi di successione delle comunità fungine associate ai cancri. La presenza di *G. castaneae* è stata altresì indagata a livello delle castagne e i risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato che 11 siti su 21 (52%) presentavano frutti marcescenti infetti. Complessivamente, *G. castaneae* sembra essere un patogeno presente e abbondante, che si configura come un **potenziale fattore di rischio** per la castanicoltura da legno e da frutto nei settori alpini transfrontalieri e che in futuro dovrà essere oggetto di **ulteriori monitoraggi**. Relativamente a ***Phytophthora* spp.** non sono state evidenziate situazioni con un quadro sintomatologico ascrivibile a mal dell'inchiostro, con le sole eccezioni di due stazioni presso St. Marcel e Saint-Denis. Tuttavia, una valutazione approfondita degli alberi colpiti e i successivi tentativi di isolamento microbico non hanno fornito evidenze diagnostiche conclusive a conferma della presenza di questi patogeni. Il monitoraggio fitosanitario del castagno condotto nel corso del progetto MONGEFI-

TOFOR ha quindi evidenziato come in Valle d'Aosta il **cancro corticale** e i funghi fitopatogeni ***C. parasitica* e *G. castaneae*** siano presenti e **ampiamente diffusi**, interessando gran parte dell'areale di distribuzione del castagno nei piani collinare e basso montano della regione. I siti indagati si collocano infatti su un'area vasta, estesa per circa 57 km in senso longitudinale e 21 km in senso latitudinale, coprendo virtualmente un'area topografica di quasi 1200 km² su un dislivello di 1000 m.

Occorre tuttavia precisare che lo stato di salute del castagno sembra essere piuttosto dinamico e non si può escludere che l'insorgenza o la recrudescenza di alcune malattie avvengano in relazione alle sempre più frequenti anomalie climatiche che si stanno registrando negli ultimi anni. Alcuni studi recenti hanno evidenziato, ad esempio, il ruolo che possono esercitare fenomeni meteorologici, come le **grandinate**, nel favorire le infezioni di *C. parasitica*. Infatti, la grandine è un agente in grado di provocare sui tessuti corticali delle lesioni che, esponendo il cambio sottostante, agevolano la penetrazione del patogeno e l'insorgere dei sintomi della malattia (**figura 30**).

È interessante menzionare

30

**FIGURA 30**

RAMO DI CASTAGNO COLPITO DA GRANDINE CON SINTOMI INCipientI DI CANCRO CORTICALE (TACCHE ROSSO MATTONE) IN PROSSIMITÀ DELLE LESIONI PROVOCATE DALL'EVENTO METEOROLOGICO.

FIGURA 31

IMMAGINI AEREE RIPRESE DA DRONE A SEGUITO DI RECENTI SEGNALAZIONI DI DEPERIMENTO A CARICO DEL CASTAGNO PRESSO IL COMUNE DI HÔNE IN VALLE D'AOSTA.

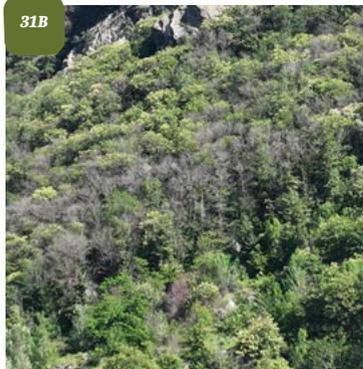
che, proprio al termine della scrittura di questo manuale (giugno 2023), sono pervenute alcune segnalazioni di estesi deperimenti del castagno presso Bard. Le segnalazioni sono state verificate dal Corpo Forestale della Valle d'Aosta e monitorate con *droni* equipaggiati con videocamera e fotocamera idonee ad effettuare riprese aeree. Anche se chiarire l'eziologia di questi deperimenti richiederà ulteriori approfondimenti diagnostici nel prossimo futuro, la loro

repentina insorgenza sembra indicare che operazioni di *continuo*, *capillare* e *costante monitoraggio fitosanitario* del territorio siano fondamentali per la *tutela del patrimonio forestale transfrontaliero*. Questo principio è uno dei capisaldi che il progetto MONGE-FITOFOR lascia in eredità, e starà ai soggetti che sono attivamente impegnati nel contesto forestale e ambientale cogliere questa ed altre sfide che si porranno nel breve e lungo termine (**figura 31**).

31A



31B



IL MONITORAGGIO DEL MAL DELL'INCHIOSTRO DEL CASTAGNO IN SVIZZERA

Il *mal dell'inchiostro* del castagno è stato segnalato ufficialmente per la prima volta sul versante elvetico degli areali transfrontalieri italo-svizzeri interessati dal progetto MONGEFITOFOR durante il 1943 (nel Canton Ticino). Un rilievo sistematico della distribuzione della malattia è però stato condotto soltanto a partire dal 2014 su mandato della sezione forestale cantonale, ed è proseguito negli anni 2019-2021 nell'ambito del progetto "Mal dell'inchiostro del castagno: favorito dai cambiamenti climatici?" finanziato dall'Ufficio

Federale dell'Ambiente (Programma pilota Adattamento ai cambiamenti climatici, fase II). Il progetto *MONGEFITOFOR* ha permesso di terminare questa campagna di monitoraggio in Ticino e in val Bregaglia (Grigioni) attraverso una serie di rilievi in foresta, accompagnati dal prelievo di campioni di suolo e dalla loro successiva analisi in laboratorio. Un sondaggio condotto presso i servizi forestali dei Cantoni ha permesso di individuare castagneti potenzialmente colpiti dalla malattia. Dalla base di alberi sintomatici sono poi stati prelevati dei campioni di suolo, successivamente analizzati in laboratorio per confermare la presenza di *Phytophthora* spp. utilizzando il metodo del baiting (**figura 32**).



FIGURA 32

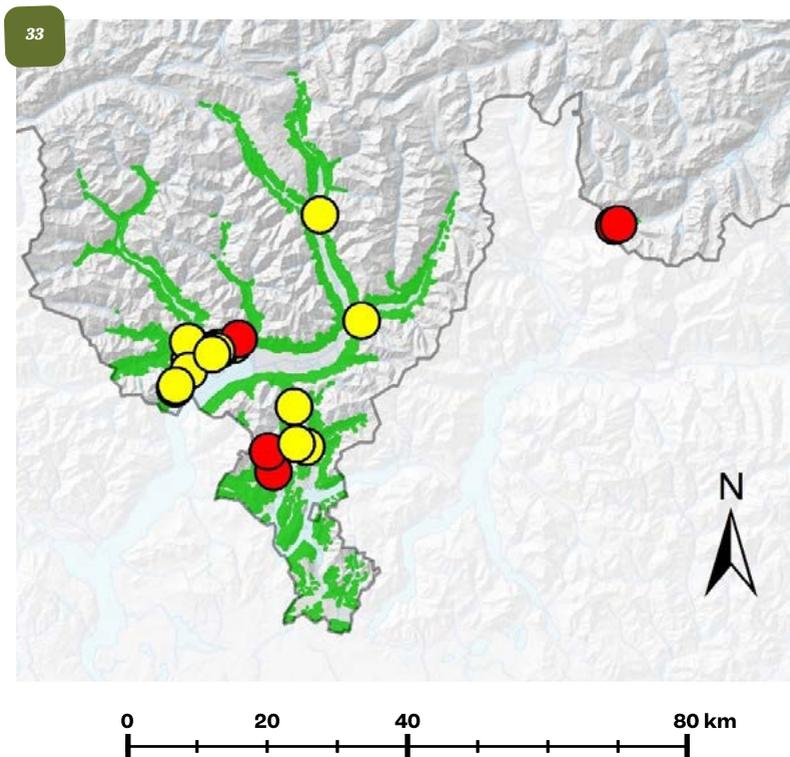
ISOLAMENTO DI *PHYTOPHTHORA* SPP. UTILIZZANDO IL METODO DEL BAITING. I CAMPIONI DI TERRENO PRELEVATI DALLA BASE DI CASTAGNI SINTOMATICI SONO STATI COLLOCATI IN BACINELLE DI PLASTICA E SOMMERSI IN ACQUA. SUCCESSIVAMENTE SONO STATE AGGIUNTE DELLE FOGLIE DI RODODENDRO COME ESCA (BAITS) PER *PHYTOPHTHORA* SPP. DA EVENTUALI LESIONI SVILUPPATESI SU QUESTE FOGLIE SI È PROCEDUTO AD ISOLARE, COLTIVARE IN VITRO E IDENTIFICARE LE COLONIE DI *PHYTOPHTHORA* SPP.

FIGURA 33

DISTRIBUZIONE ATTUALE DEL MAL DELL'INCHIOSTRO DEL CASTAGNO AL SUD DELLE ALPI DELLA SVIZZERA (CANTONI TICINO E GRIGIONI). IN GIALLO I FOCOLAI DOVUTI A *PHYTOPHTHORA* CINNAMOMI E IN ROSSO QUELLI RELATIVI A *P. X* CAMBIVORA.

I campionamenti condotti dal 2014 al 2021 hanno **confermato** la presenza del **mal dell'inchostro** del castagno nelle Alpi della Svizzera meridionale. In totale sono stati identificati 25 focolai, la maggior parte dei quali causati da *P. cinnamomi*. In val Bregaglia (Castasegna), invece, è stata riscontrata soltanto *P. x camivora* (figura 33). In canton Ticino, i focolai non sono distribuiti in modo uniforme sul territorio ma sono raggruppati nel Locarnese (da Brissago a

Brione e Terre di Pedemonte) e nel Luganese (Valle del Vedeggio). Ambedue le regioni sono caratterizzate da una forte presenza di infrastrutture antropiche, comprese zone residenziali, aree industriali e vie di comunicazione (ferrovie, strade, autostrade). Ad essere colpiti dal mal dell'inchostro sono stati sia cedui invecchiati che vecchie selve castanili, indipendentemente dal tipo di gestione attuato o dallo stato di abbandono. La presenza di piante infette



INTERVENTI SELVICOLTURALI E FITOSANITARI PER LA GESTIONE DEI CEDUI DI CASTAGNO AFFETTI DA CANCRO CORTICALE

da *C. parasitica*, il potenziale ruolo di *G. castaneae* come fungo agente di cancro e la sussistenza di un quadro sintomatologico compromesso suggeriscono la necessità di adottare appositi accorgimenti tecnici ad integrazione delle pratiche di gestione tradizionale del castagno governato a ceduo. Le conoscenze desunte da un'approfondita disamina della letteratura scientifica internazionale e le esperienze maturate a seguito del progetto MONGEFITOFOR, anche derivanti dall'*interscambio* di competenze tra i partner di progetto, hanno consentito di delineare alcune *linee guida gestionali* per approntare *interventi selvicolturali* e *fitosanitari* congrui con le funzioni e i servizi ecosistemici erogati dai cedui di castagno. In particolare, la *conservazione di popolamenti vigorosi di, o con castagno* è certamente un obiettivo prioritario, tuttavia il conseguimento di tale obiettivo è realistico solo a seguito di una attenta valutazione delle

condizioni di salute dell'albero, del popolamento nel suo insieme e delle preconizzabili prospettive future. La gestione selvicolturale praticata in assenza di accorgimenti appositi che contemplino misure coerenti con l'ecologia e l'epidemiologia dei patogeni associati al cancro corticale è destinata a sortire un esito modesto, che rischia concretamente di collocarsi molto al di sotto delle lecite aspettative. Se da un lato esiste la possibilità di attuare la *lotta biologica a *Cryphonectria parasitica** basata sul fenomeno dell'*ipovirulenza esclusiva* (box 3), questa opzione sembra *poco praticabile* in ambito forestale in funzione di vincoli tecnico-operativi, logistici ed economici. Infatti, la lotta biologica a *C. parasitica* è un intervento complesso, che viene praticato localmente in particolari contesti contraddistinti da elevata redditività (es. castagneti da frutto di pregio) o valenza conservazionistica (es. campi collezione varietali).

BOX 3

La lotta biologica a *Cryphonectria parasitica*

Il virus CHV1 menzionato nei capitoli precedenti è tecnicamente un large double-stranded ds-RNA (L ds-RNA), che può essere trasmesso via anastomosi ifale sotto il controllo di un sistema di compatibilità vegetativa omozigotica che interessa da 5 a 7 loci genetici (loci v-c). Se due isolati presentano alleli identici in tutti i loci allora il ds-RNA può trasferirsi e, a seguito di tale trasferimento, un ceppo virulento si converte in ipovirulento. Questo fenomeno, noto come ipovirulenza esclusiva, è alla base delle strategie di lotta biologica al cancro corticale del castagno. Perché l'intervento sia efficace, una delle strategie maggiormente consolidate prevede l'esecuzione delle seguenti operazioni: I) individuare localmente cancri non letali e cancri letali; II) prelevare campioni sintomatici *in loco* ed operare in laboratorio l'isolamento dei ceppi di *C. parasitica* associati ai rispettivi cancri; III) eseguire prove microbiologiche e molecolari per identificare i ceppi virulenti, quelli ipovirulenti ed i gruppi di compatibilità vegetativa; IV) selezionare i ceppi ipovirulenti dotati del più elevato tasso di compatibilità vegetativa con i ceppi virulenti locali; V) moltiplicare l'inoculo dei ceppi ipovirulenti selezionati; e VI) procedere con la loro inoculazione artificiale in castagneto su cancri letali (figura 34). Tenendo presente che per il virus CHV1 la trasmissione orizzontale avviene per anastomosi ifali, mentre la trasmissione verticale si verifica unicamente tramite conidi, e solo in una percentuale variabile di casi, è evidente come la conversione dei ceppi virulenti in ipovirulenti sia un processo biologico che richiede tempi lunghi. Infatti, i risultati della lotta biologica possono iniziare ad essere apprezzabili dopo almeno una decina di anni dall'esecuzione dell'intervento. L'opzione della lotta biologica impone chiaramente una serie di vincoli, in quanto richiede analisi onerose sotto il profilo tecnico ed economico, la disponibilità di laboratori attrezzati e personale altamente specializzato, e la possibilità operativa di effettuare le inoculazioni sui rami e fusti di castagni non sempre agevolmente raggiungibili.



FIGURA 34
INOCULAZIONE ARTIFICIALE DI CEPPI IPOVIRULENTI DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* IN CORRISPONDENZA DI CANCRI LETALI PER ATTUARE LA LOTTA BIOLOGICA IN CAMPO.

Sebbene, per le ragioni di cui sopra, la lotta biologica in senso stretto spesso non sia praticabile in un ceduo di castagno, è tuttavia possibile sfruttare il fenomeno biologico dell'ipovirulenza esclusiva adottando interventi specifici, ossia *potature, sfolli e diradamenti* mirati alla *rimozione meccanica dei cancri letali* e alla contestuale *preservazione dei cancri non letali cicatrizzati* presenti nel sito. Poiché i cancri letali sono causati da ceppi virulenti di *C. parasitica*, mentre quelli non letali sono associati ai ceppi ipovirulenti, rimuovere i cancri letali equivale ad un tentativo di eradicazione parziale dei ceppi virulenti presenti localmente. Procedendo in questo modo, la popolazione dei ceppi virulenti tende a ridursi, mentre quella dei ceppi ipovirulenti può permanere nel sito e diffondersi spontaneamente. Nel *lungo periodo* questa dinamica dovrebbe aumentare la probabilità che avvenga la conversione dei ceppi virulenti rimasti, risultando in una graduale *remissione dei sintomi*. Affinché l'opzione risulti il più possibile efficace, la *martellata forestale* dovrà essere eseguita avendo cura di marcare per l'abbattimento i polloni e i portaseme compromessi dai cancri letali, rilasciando invece gli individui

asintomatici promettenti e quelli interessati prevalentemente da cancri non letali cicatrizzati.

Nel corso dell'esecuzione dei tagli, indipendentemente dall'obiettivo di questi, è consigliabile effettuare una *accurata disinfezione* della *catena della motosega* e di altri strumenti destinati ad entrare in contatto con i tessuti dell'albero (es. seghetti, cesoie, sveltatoi). Tra i prodotti utilizzabili allo scopo rientrano i disinfettanti a base di *sali quaternari di ammonio*. La disinfezione andrebbe effettuata il più frequentemente possibile prima di intervenire su un nuovo albero. La ragion d'essere di questo accorgimento tecnico risiede nel fatto che, in assenza di disinfezione, strumenti contaminati da spore e micelio possono inoculare il patogeno in alberi sani, o in branche ancora sane dello stesso albero.

Le utilizzazioni dovranno essere eseguite adottando, per quanto possibile, tutte le misure necessarie a *limitare le ferite accidentali* a carico di ceppaie, polloni, fusti e rami in fase di abbattimento, allestimento, concentramento ed esbosco. Questa precauzione, anche se tecnicamente non agevole da attuare in foresta, è finalizzata a limitare l'apertura di soluzioni di continuità

nella corteccia che rappresentano vie di penetrazione non solo per *C. parasitica*, ma anche per altri patogeni da ferita, quali funghi agenti di carie o marciumi radicali. **Ferite** accidentali e ferite da taglio potrebbero essere utilmente sottoposte a **disinfezione** adottando prodotti rameici **efficaci** contro alcuni funghi fitopatogeni, avendo cura di non superare le dosi raccomandate (un eccesso di rame può essere fitotossico) e di seguire attentamente le **prescrizioni** legislative e regolamentari in **materia fitosanitaria**, per non incorrere in possibili contravvenzioni alle norme vigenti. La scelta del prodotto andrà orientata **evitando mastici** che possano formare sulla ferita una **pellicola spessa ad ostacolo degli scambi gassosi**. Questi mastici, infatti, possono determinare un **“effetto camera umida”** creando un ambiente saturo di umidità favorevole alla germinazione di spore o allo **sviluppo** del micelio di **funghi fitopatogeni** (figura 35). A seguito degli interventi selvicolturali, sarà inoltre opportuno procedere alla **rimozione di topi e ramaglie** dal sito, compresi quelli di eventuali querce presenti. Poiché *C. parasitica* è in grado di produrre inoculo infettivo proprio su quei substrati, asportarli dalla zona di intervento (eventual-

mente procedendo alla loro **cippatura**) può essere utile a ridurre la pressione di inoculo e, conseguentemente, il rischio di infezione.

FIGURA 35
 IMPIEGO DI UN MASTICE NON IDONEO A CONTRASTARE INFEZIONI DI FUNGHI FITOPATOGENI. FORMANDO UNA PELLICOLA SPESSA E NON TRASPIRANTE, IL MASTICE HA CREATO UN AMBIENTE UMIDO FAVOREVOLE ALLO SVILUPPO DI *CRYPHONECTRIA PARASITICA* E ALTRI FUNGHI. RIMUOVENDO IL MASTICE, SI NOTA INFATTI LO SPESSO FELTRO MICELIARE SOTTOSTANTE.



21A

Nel caso si intendesse procedere alla messa a dimora di **nuclei di rinnovazione artificiale** perché sussistono condizioni sfavorevoli alla rinnovazione naturale del castagno, o in conseguenza dell'opportunità di introdurre il castagno in date aree per incrementare il parterre di specie autoctone presenti nel sito, si raccomanda di procedere ad una accurata **ispezione fitosanitaria** del materiale di propagazione, comunque prevista nel caso dei vivai di castagno proprio per prevenire la diffusione di *C. parasitica*. L'ispezione è fondamentale non solo per evitare la messa a dimora di semenzali che potrebbero rapidamente soccombere a causa della malattia, ma anche per tutelare il soprassuolo esistente da eventuali **recrudescenze del cancro corticale**. Trasportare in un sito del materiale vegetativo infetto potrebbe comportare **l'introduzione di ceppi virulenti** di *C. parasitica* **appartenenti a gruppi di compatibilità vegetativa** non presenti *in loco*, fatto che comporta una drastica riduzione della probabilità che quei ceppi possano essere naturalmente convertiti in ipovirulenti.

La **concimazione** può essere inoltre un intervento utile, congiuntamente al **diserbo meccanico** delle infestanti, per incrementare il **vigore vegetati-**

vo dei **semenzali** messi a dimora nei nuclei di rinnovazione artificiale. Alcune osservazioni empiriche suggeriscono che prodotti a base di **silicato di potassio** potrebbero anche esercitare un'azione limitatamente protettiva nei confronti di *C. parasitica*, tuttavia occorre precisare che approfondimenti e studi specifici in merito sono ancora in corso.

Quali che siano gli interventi previsti in cantiere forestale (messa a dimora dei semenzali, tagli a carico del soprassuolo, concentramento, esbosco o altro), questi andrebbero condotti quando **non si sono verificate** nel sito **precipitazioni piovose durante i 7 giorni precedenti gli interventi** stessi. In caso di precipitazioni, è consigliabile sospendere le operazioni e riprenderle solo dopo che siano trascorsi almeno 7 giorni in assenza di piogge (specialmente se queste sono di intensità compresa tra 1 e 10 mm al giorno). Questa strategia si basa sul fatto che, al termine di una settimana in cui si sono verificate precipitazioni piovose, la pressione di inoculo di *C. parasitica* aumenta significativamente, incrementando il rischio di infezione in modo sostanziale. Effettuare gli interventi quando l'abbondanza di spore presenti a scala di sito è ridotta, equivale a **ridurre il rischio** che

si verifichino nuove **infezioni** nel popolamento.

A integrazione di quanto riportato in queste linee guida, occorre considerare anche alcuni **aspetti fitosanitari** relativi alla sicurezza e alla stabilità meccanica di matricine e cep-paie. In presenza di castagni sintomatici e fortemente compromessi, può rendersi necessario prestare attenzione al possibile decorso della malattia e alla presenza di altre avversità, quali funghi agenti di carie e marciumi radicali. Infatti, minacce alla stabilità meccanica dell'albero possono essere rilevanti quando il castagno vegeta in contesti antropizzati, o comunque fruiti. In questi casi, **abbattimenti fitosanitari** mirati possono rendersi necessari per **proteggere cose e persone** da eventuali sinistri che potrebbero essere provocati da schianti e ribaltamenti dell'albero.

In riferimento a *G. castaneae*, non vi sono ancora evidenze scientifiche tali per delineare strategie selvicolturali operative di provata o plausibile efficacia. Tuttavia, occorre considerare che la profilassi alle infezioni da *C. parasitica*, in linea di principio, ragionevolmente non confligge con la prevenzione delle infezioni da *G. castaneae*. Tra le misure proposte, la disinfezione degli strumenti per il taglio e l'at-

tenzione nel ridurre le ferite accidentali a carico dell'albero possono rappresentare una valida opzione anche contro questo patogeno.

ESEMPI APPLICATIVI: I CANTIERI PILOTA MONGEFITOFOR

Nell'ambito del progetto MONGEFITOFOR sono stati progettati e allestiti **cantieri forestali pilota** per l'attuazione e la dimostrazione applicativa delle **linee guida** per la gestione **selvicolturale** e **fitosanitaria** dei cedui di castagno interessati dal cancro corticale del castagno.

I cantieri pilota hanno interessato due particelle comunali non contigue a distanza reciproca di circa 500 m da margine a margine in linea d'aria, site nel Comune di Fontainemore, Frazione Boussolusa (particella 21) e Località Tetas (particella 13), ad una quota di circa 1000 m s.l.m. Le particelle si sviluppano su medio versante con esposizione ovest, sono contraddistinte da pendenze elevate e presenza di affioramenti rocciosi o terrazzamenti con muri a secco. Entrambe le particelle sono attraversate da strada carrozzabile asfaltata con guardrail e muri contro

terra le cui interruzioni garantiscono tuttavia accesso ai soprassuoli. Il castagno è presente solo su una porzione ridotta delle suddette particelle, in prossimità di punti aventi per coordinate 411598, 5056426 (particella 13), e 411776, 5055508 (particella 21) (sistema di riferimento UTM WGS84) (**figura 36**). Complessivamente, nei nu-

clei individuati il castagno è ascrivibile alla forma di governo a ceduo semplice, con sporadica presenza di matricine. Il ceduo è invecchiato, in condizioni di abbandono, ma non stramaturo, ed è contraddistinto da ceppaie con numero di polloni variabili, aventi diametri diversi a seconda delle porzioni di soprassuolo considerate. Il



FIGURA 36
CARTA GENERALE DELLE PARTICELLE (LINEA VERDE TRATTEGGIATA) E DELLE FASCE DI VEGETAZIONE A PREVALENZA DI CASTAGNO (LINEA ROSSA), O ASCRIVIBILI ALL'ACERO-TIGLIO-FRASSINETO (LINEA GIALLA), SELEZIONATE PRESSO IL COMUNE DI FONTAINEMORE PER L'ATTUAZIONE E LA DIMOSTRAZIONE APPLICATIVA DELLE LINEE GUIDA PER LA GESTIONE SELVICOLTURALE E FITOSANITARIA DEI CEDUI DI CASTAGNO AFFETTI DA CANCRO CORTICALE. SULLO SFONDO, IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA INTERESSATA (FONTE: GOOGLE MAPS, 2023).

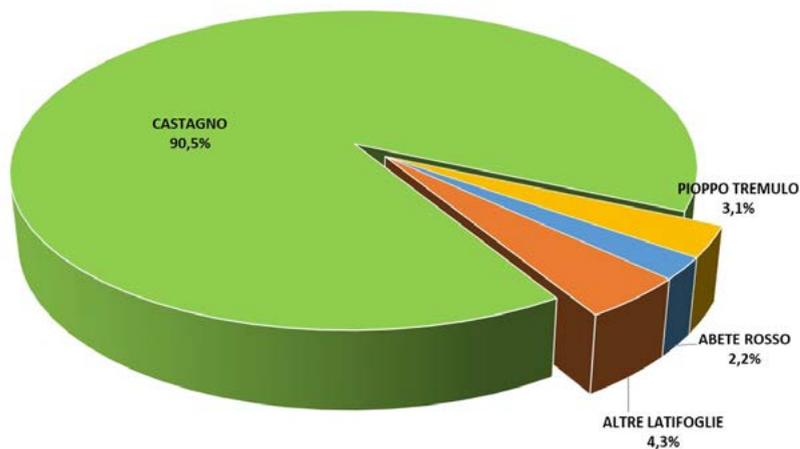
FIGURA 37
GRAFICO DELLA RIPARTIZIONE PERCENTUALE DELLE SPECIE PRESENTI (A) E LORO DISTRIBUZIONE PER CLASSI DIAMETRICHE (B, NELLA PAGINA SUCCESSIVA) NELLA PARTICELLA 13 DI LOCALITÀ TETAS IN CUI SONO STATI ALLESTITI PARTE DEI CANTIERI FORESTALI PILOTA RELATIVI AL CASTAGNO.

castagno si alterna a latifoglie varie tipiche dell'acero-tiglio-frassineto, con sporadica presenza di conifere. Il 15,2% dei castagni mostra sintomi di cancro corticale; di questi, l'89,6% presenta cancri di tipo letale, mentre il restante 10,4% è caratterizzato da cancri non letali cicatrizzati. I cancri letali sono stati osservati nel 52,0% dei casi su piante vive, ma con evidenti sintomi di sofferenza e disseccamenti in chioma, e nel rimanente 37,6% dei casi su castagni morti.

Più in dettaglio, dal punto di vista strettamente foresta-

le, la particella 13 di Località Tetas ricade nei tipi forestali ascrivibili rispettivamente a castagneto acidofilo a *Teucrium scorodonia* e acero-tiglio-frassineto di invasione. L'area basimetrica è lievemente superiore alla media riscontrata in formazioni analoghe, grazie anche all'elevato numero di polloni di castagno. La composizione specifica, la distribuzione per classi diametriche e le specifiche relative all'area basimetrica e alla densità della formazione forestale in oggetto sono dettagliate di seguito (**figura 37A, 37B e tabella 2**).

37A



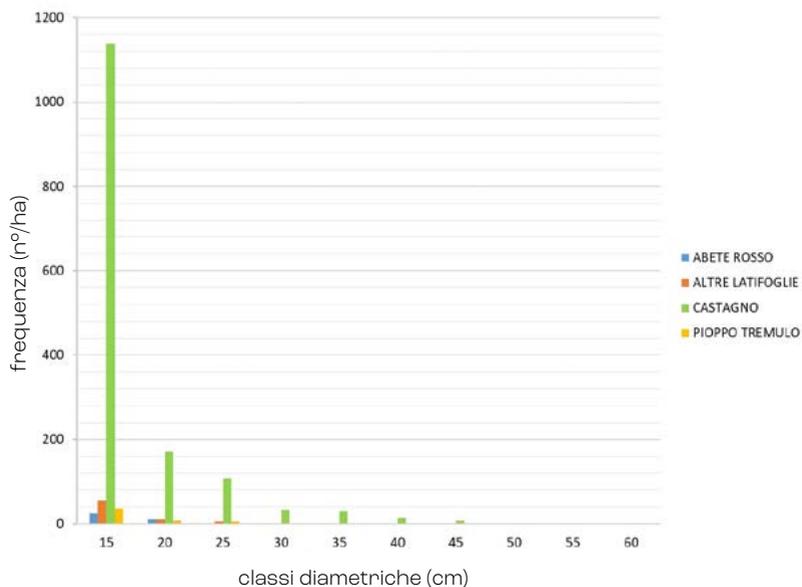


TABELLA 2

Specifiche relative all'area basimetrica e alla densità della formazione forestale nella particella 13 di Località Tetas in cui sono stati allestiti parte dei cantieri forestali pilota relativi al castagno.

Specie	Area basimetrica m ² /ha	N. piante/ha
CASTAGNO	28,03	1498
ALTRE LATIFOGIE (acero di monte, betulla, frassino, sorbo)	1,10	71
PIOPPO TREMULO	1,00	51
ABETE ROSSO	0,55	36
TOTALE	30,68	1656

Per quanto concerne la particella 21 di Frazione Boussolusa, questa è contraddistinta dalla presenza di popolamenti che ricadono nei tipi forestali del castagneto mesoneutrofilo a *Salvia glutinosa*, variante con latifoglie di invasione e acero-tiglio-frassineto di invasione. L'area basimetrica è superiore alla media riscontrata in formazioni analoghe, grazie anche all'elevato nu-

mero di polloni di castagno e alla presenza abbondante di altre latifoglie. Come per la particella precedente, anche in questo caso la composizione per classi diametriche e le specifiche relative all'area basimetrica e alla densità della formazione forestale in oggetto sono dettagliate di seguito (**figura 38A, 38B e tabella 3** nella pagina successiva).

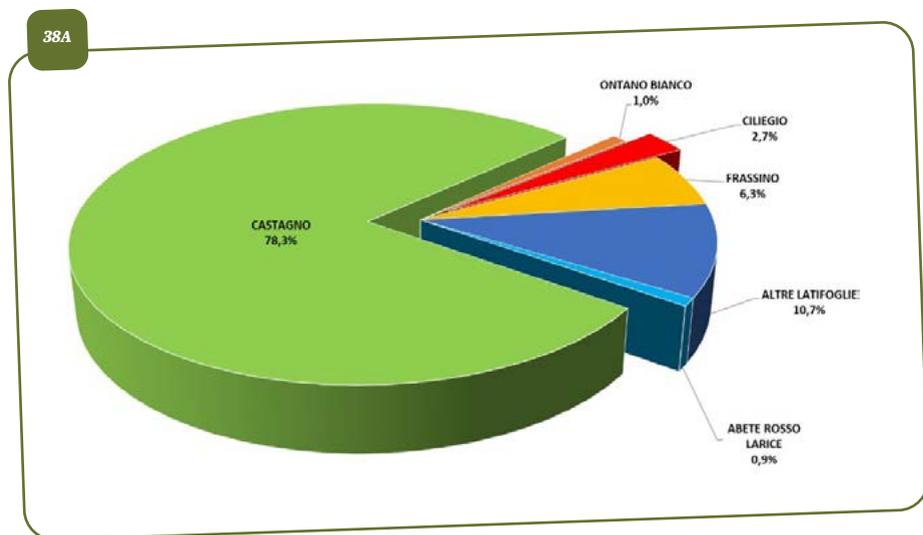


FIGURA 38

GRAFICO DELLA RIPARTIZIONE PERCENTUALE DELLE SPECIE PRESENTI (A) E LORO DISTRIBUZIONE PER CLASSI DIAMETRICHE (B, NELLA PAGINA SUCCESSIVA) NELLA PARTICELLA 21 DI FRAZIONE BOUSSOLUSA IN CUI SONO STATI ALLESTITI PARTE DEI CANTIERI FORESTALI PILOTA RELATIVI AL CASTAGNO.

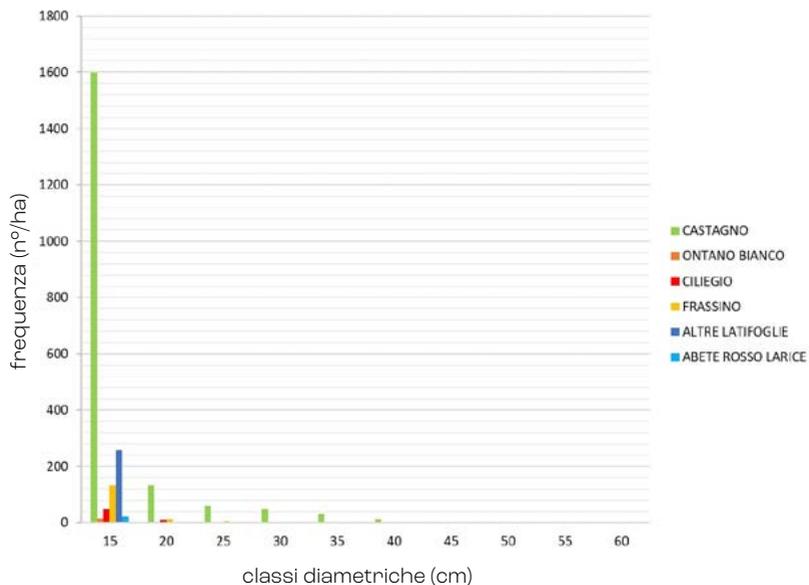


TABELLA 3

Specifiche relative all'area basimetrica e alla densità della formazione forestale nella particella 21 di Frazione Boussolusa in cui sono stati allestiti parte dei cantieri forestali pilota relativi al castagno.

Specie	Area basimetrica m ² /ha	N. piante/ha
CASTAGNO	31,09	1886
ALTRE LATIFOGLIE (betulla, faggio, rovenella, sorbo)	2,92	258
FRASSINO	2,14	152
CILIEGIO	1,38	66
ONTANO	0,63	24
ABETE ROSSO LARICE	0,25	22
TOTALE	38,41	2408

I cantieri pilota sono stati attuati per esemplificare alcune linee guida salienti tra quelle delineate per la gestione dei cedui affetti da cancro corticale, con particolare riferimento a:

- **martellata forestale (figura 39)** finalizzata ad effettuare i successivi **tagli fitosanitari (figura 40)** nella pagina successiva) per la rimozione meccanica dei polloni con cancri letali e il rilascio di quelli con cancri non letali cicatrizzati presenti nel sito. Nella particella 13 di



Località Tetas sono state prelevate 313 tra piante e polloni su 911 piante totali (prelievo del 36,4%) pari ad un volume asportato di 36,44 m³ su 68,16 m³ totali presenti prima dell'intervento (asporto del 53,5% in volume). Nella particella 21 di Frazione Boussolusa sono state prelevate 444 tra piante e polloni su 1218 piante totali (prelievo del 36,8%) pari ad un volume asportato di 28,96 m³ su 57,33 m³ totali presenti prima dell'intervento (asporto del 50,5% in volume);

FIGURA 39

IL POLLONE MARCATO NEL CORSO DELLA MARTELLATA FORESTALE (VERNICE GIALLA) MOSTRA SINTOMI DI CANCRO CORTICALE LETALE INCIPIENTE, MOTIVO PER IL QUALE È STATO CANDIDATO ALLA RIMOZIONE.

FIGURA 40

ALLESTIMENTO DEL CANTIERE FORESTALE PILOTA PER IL CASTAGNO CON APPOSITA CARTELLOSTICA RIFERITA ALLE ATTIVITÀ DEL PROGETTO MONGEFITOFOR (A) E FASI OPERATIVE DEI TAGLI FITOSANITARI CONDOTTI A CARICO DEI POLLONI PRECEDENTEMENTE INDIVIDUATI CON LA MARTELLATA FORESTALE (B).

40A



40B



- accurata **disinfezione della catena della motosega** (figura 41) e di altri strumenti da taglio destinati ed entrare in contatto con i tessuti dell'albero con soluzione a base di sali quaternari di ammonio;
- **disinfezione delle ferite** con prodotto rameico (figura 42);
- cippatura delle ramaglie, rimozione dei topi e del cippato dal sito (figura 43);
- accurata ispezione fitosanitaria dei semenzali in vivaio e loro successiva **messa a dimora** e **concimazione** (figura 44 a pagina 68). Queste operazioni sono finalizzate alla costituzione di **nuclei di rinnovazione artificiale** per incrementare l'abbondanza del castagno in aree dominate da altre latifo-

glie. L'ispezione dei semenzali mira ad evitare la messa a dimora di materiale vegetativo infetto e la possibile introduzione di ceppi virulenti di *C. parasitica* estranei al sito, mentre la concimazione ha lo scopo di aumentare la probabilità di attecchimento dei semenzali e la loro vigoria;

- in caso di **precipitazioni**, è stato imposto alle maestranze impegnate nell'esecuzione degli interventi di **sospendere le operazioni** e riprenderle solo dopo che fossero trascorsi almeno **7 giorni in assenza di piogge** per ridurre il rischio di infezione.

Le fasi salienti del cantiere sono state oggetto di riprese

41



42



67

per la realizzazione di video tematici del progetto MON-GEFITOFOR, disponibili sui canali multimediali dedicati (cfr. **box 1**).

43A



43B



FIGURA 41
DISINFEZIONE DELLA CATENA DELLA MOTOSEGA
CON SOLUZIONE A BASE DI SALI QUATERNARI DI
AMMONIO.

FIGURA 42
DISINFEZIONE DELLE FERITE CON PRODOTTI
RAMEICI.

FIGURA 43
CIPPATURA DELLE RAMAGLIE (A) E RIMOZIONE
DEI TOPPI (B).



STRATEGIE PER LA GESTIONE DEL MAL DELL'INCHIOSTRO

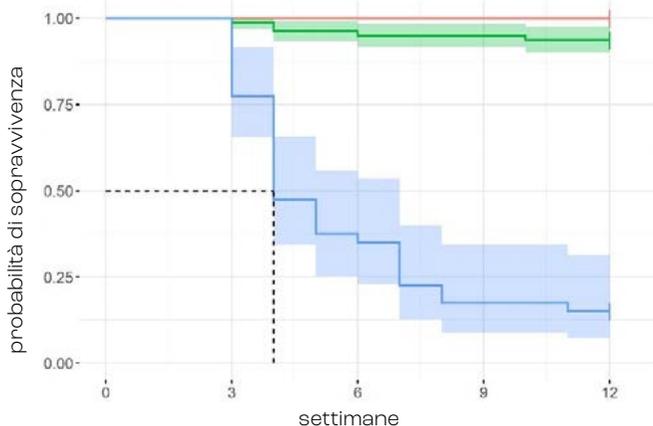
Le strategie di gestione delineate derivano principalmente dalle attività condotte sul versante svizzero, in considerazione dell'incidenza e della diffusione del mal dell'inchiostro. In gran parte dell'areale di diffusione del castagno europeo, nel corso dei secoli sono state selezionate delle *varietà locali* della specie in base ad alcune caratteristiche fenotipiche salienti. La selezione è stata orientata principalmente all'ottimizzazione dei profili produttivi e alla ricerca di individui più



tolleranti nei confronti delle diverse malattie che possono colpire il castagno. A Castasegna, in val Bregaglia, il castagno è molto abbondante e le sue valenze storiche, colturali e culturali sono riconosciute ed apprezzate a livello confederale. Il castagno in quell'area del cantone dei Grigioni è purtroppo fortemente colpito dal mal dell'inchiostro, in questo caso causato da *P. x cambivora*. Date le forti istanze che a livello locale, e non

FIGURA 44

FASI DI ISPEZIONE DEL MATERIALE DI PROPAGAZIONE IN VIVAIO, PRIMA DEL TRASPORTO (A) E DEL SUCCESSIVO IMPIANTO DI NUCLEI DI RINNOVAZIONE ARTIFICIALE DI CASTAGNO, IN CUI I SEMENZALI VENGONO MESSI A DIMORA E SOTTOPOSTI A CONCIMAZIONE (B).



solo, si sono fatte interpreti della necessità di preservare il castagno, un **cantiere pilota** è stato allestito al fine di **saggiare la suscettibilità di varietà locali** a diverse specie del genere *Phytophthora* presenti negli areali alpini. Le varietà più tolleranti potrebbero infatti essere introdotte o favorite nei popolamenti di castagno colpiti dal mal dell'inchiostro. A questo scopo, semenzali di cinque varietà bregagliotte di castagno (*Lüina*, *Marun*, *Rossera*, *Temporiva* e *Vescuf*) sono state inoculate in apposite serre presso il WSL con isolati di *P. cinnamomi*, *P. x cambivora*, *P. cactorum*, *P. cryptogea* e *P.*

plurivora. Al momento, le osservazioni condotte indicano che la **mortalità più elevata** è stata causata da *P. cinnamomi* (figura 45). Le differenze di suscettibilità a *P. cinnamomi* tra le varietà di castagno saggiate non appaiono sostanziali, tuttavia la varietà *Lüina* sembrerebbe la più promettente.

FIGURA 45

PROBABILITÀ DI SOPRAVVIVENZA DI SEMENZALI DI CASTAGNO DI DUE ANNI INOCULATI CON *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI* (IN BLU) E CON *P. X CAMBIVORA*, *P. CACTORUM*, *P. CRYPTOGEA* E *P. PLURIVORA* (IN VERDE) DURANTE LE PRIME 12 SETTIMANE POST-INOCULAZIONE. IN ROSSO SONO INDICATI I SEMENZALI DI CONTROLLO NON INOCULATI.

Al sud delle Alpi della Svizzera il castagno forma estesi popolamenti che svolgono diverse funzioni. Da un lato, sono un elemento tipico del paesaggio locale con un forte significato ecologico e storico-culturale. Dall'altro, soprattutto nelle valli caratterizzate da pendii ripidi, proteggono le infrastrutture umane da caduta massi, frane ed erosione. Nei popolamenti colpiti dal mal dell'inchiostro, il castagno purtroppo presenta **scarse prospettive** di mantenimento o **recupero**. Pertanto, può essere strategicamente opportuno guidare le dinamiche di successione verso una copertura forestale plurispecifica. Le scelte selvicolturali andranno improntate anche a **principi** di carattere **fitosanitario** e dovranno quindi andare a vantaggio di **altre specie arboree**, resistenti a *P. cinnamomi* e *P. x cambivora*. Le specie arboree dovranno inoltre essere adatte alle condizioni climatiche che verosimilmente interesseranno gli areali transfrontalieri italo-svizzeri nel prossimo futuro. Nell'ambito di un progetto di ricerca svolto per l'Ufficio Federale dell'Ambiente (UFAM) era stato sviluppato un approccio modellistico per determinare l'idoneità di specie forestali, per lo più autoctone, per sostituire o accompagnare il ca-

stagno in futuro. Fra le specie potenzialmente adatte sono state individuate **l'acero riccio** (*Acer platanoides*), **l'acero di monte** (*Acer pseudoplatanus*), **il tiglio** (*Tilia platyphyllos*), **il carpino nero** (*Ostrya carpinifolia*) e **il sorbo montano** (*Sorbus aria*) che, in prospettiva, si prestano anche ad essere utilizzati per costituire nuclei di rinnovazione artificiale. A livello più generale, valgono i principali e consolidati **orientamenti di lotta** finalizzati principalmente a prevenire l'insorgenza di nuovi focolai e contenere quelli già in essere, tra cui:

- mantenere **buone condizioni colturali** del popolamento, per conferire vigore alle piante e migliorare la loro reattività. Nei cedui andrebbero razionalizzati i turni dei tagli, evitando l'invecchiamento e l'eccessiva competizione tra polloni;
- **evitare o limitare** le operazioni che potrebbero causare **lesioni alle radici**;
- attuare efficaci **drenaggi** e **canalizzazioni** delle **acque superficiali**, in modo da evitare i ristagni idrici e/o lo scorrimento delle acque discendenti da aree infette;
- **evitare** il passaggio di **automezzi** lungo le strade sterrate subito **dopo abbondanti piogge**, almeno durante la stagione vegetativa, onde evitare

schizzi di fanghiglia contaminata. **Rimuovere** dai trattori o da altri mezzi (in particolare dagli *pneumatici*) **residui di suolo** potenzialmente veicolo di inoculo infettivo;

- in zone molto trafficate e con elevato rischio di infezione possono essere utilmente create lungo le strade delle **fasce di rispetto** con specie erbacee, arbustive, o arboree non suscettibili a *Phytophthora* spp.;
- se fattibile, procedere con **tagli fitosanitari** e **abbattere gli individui morti o infetti**, asportando le ceppaie e le grosse radici, avendo cura di non diffondere terreno o altro materiale contaminato.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Nell'ambito del progetto **MONGEFITOFOR**, istituzioni locali ed enti di ricerca italiani e svizzeri, supportati dal finanziamento dell'Unione Europea - Programma di Cooperazione Territoriale **INTERREG** V-A Italia-Svizzera 2014/2020, hanno profuso uno sforzo importante per monitorare lo stato di salute delle foreste transfrontaliere e proporre strategie sostenibili per la loro gestione e salvaguardia. In particolare, questo **manuale di campo tec-**

nico-scientifico è dedicato alla **gestione dei cedui di castagno** affetti da **malattie** causate da funghi e cromisti fitopatogeni, tra cui **cancro corticale** e **mal dell'inchiostro**. Esaminando le peculiarità dei **patogeni** target ***Cryphonectria parasitica***, ***Gnomoniopsis castaneae*** e ***Phytophthora* spp.** il manuale vuole sintetizzare con praticità e concretezza i risultati ottenuti nel corso del progetto, fornendo all'utilizzatore delle **linee guida** di intervento di carattere **selvicolturale** e **fitosanitario**.

Grazie ai risultati ottenuti a seguito del monitoraggio fitosanitario e degli approfondimenti diagnostici condotti, è stato possibile quantificare l'incidenza e la gravità di diverse criticità fitosanitarie del castagno a livello transfrontaliero. La rilevanza dei popolamenti di castagno governati a ceduo impone una gestione attenta e mirata, da attuarsi con un approccio multidisciplinare che integri la **selvicoltura** tradizionale con interventi di carattere **fitosanitario** basati su solide evidenze scientifiche. Obiettivo cardine del progetto MONGEFITOFOR è stato delineare questo approccio e creare nel contempo strumenti idonei per la diffusione di **conoscenze** e **competenze** rilevanti per la gestione del castagno, a bene-

ficio di proprietari, gestori e amministratori delle risorse forestali, ma anche di tecnici, operatori del settore e altri portatori di interesse.

Il progetto MONGEFITOFOR, in prospettiva, lascia in eredità le basi per una gestione forestale del castagno più **sostenibile**, fornendo strumenti tecnico-scientifici la cui applicazione potrà contribuire ad incrementare la **resilienza** del patrimonio forestale e degli **ecosistemi** ad esso collegati.

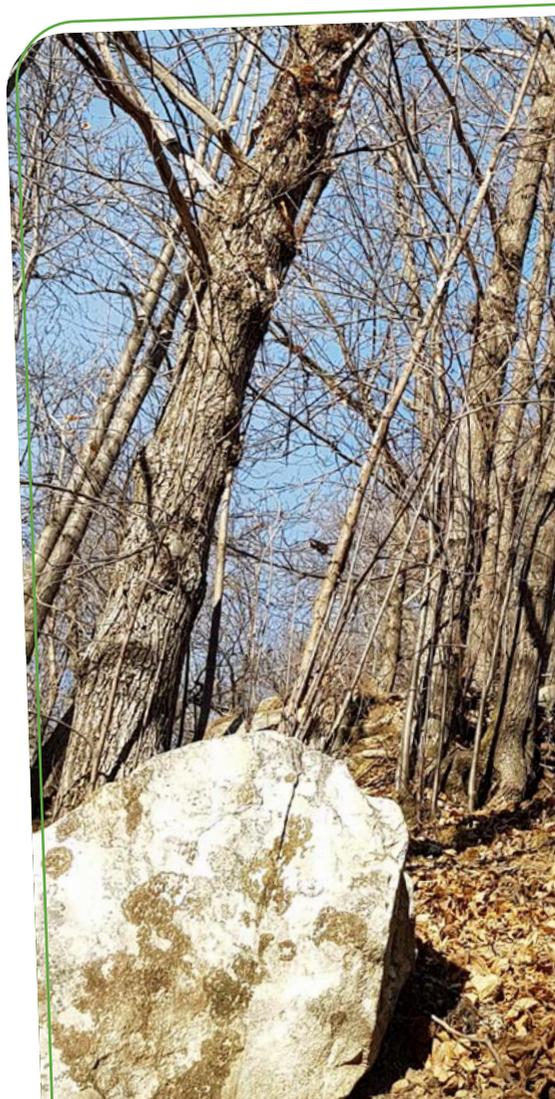
RINGRAZIAMENTI

Questo manuale è stato realizzato nell'ambito delle attività del progetto MONGEFITOFOR (Linee Guida per il Monitoraggio e la Gestione delle Emergenze FITOsanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali - ID 540693), finanziato dall'Unione Europea tramite il Programma di Cooperazione Territoriale INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020.

Gli Autori desiderano ringraziare Simona Prencipe e Francesca Brescia per l'assistenza in laboratorio, gli Agenti, i Funzionari e il Personale del Corpo Forestale della Valle d'Aosta che hanno preso parte alle attività di monitoraggio fitosanitario, in particolare:

Alessandro Pusceddu, Corrado Machet, Corrado Montrosset, Gianluca Burgay, Giorgia Girod, Mauro Stevenin, Michel Rosset, Mirko Gorret e Stefano Bethaz.

Un ringraziamento particolare va ai numerosi portatori di interesse che hanno contribuito a sostenere il progetto MONGEFITOFOR.





Bennetti, G. (1995). *Selvicoltura speciale*. Torino: UTET. ISBN 9788802048673

Bennetti, G. (2005). *Atlante di selvicoltura. Dizionario illustrato di alberi e foreste*. Bologna: Edagricole. ISBN 9788850646654

Bounous, G. *et al.* (2014). *Il castagno – Risorsa multifunzionale in Italia e nel mondo*. Milano: Edagricole. ISBN 9788850654154

Camerano, P., Terzuolo, P.G., Varese, P. (2007). *I tipi forestali della Valle d'Aosta*. Arezzo: Compagnia delle Foreste.

Del Favero, R. (2004). *I boschi delle regioni alpine italiane*. Padova: CLEUP. ISBN 9788867870820

Ferraris, P., Terzuolo, P.G., Boano, G., Brenta, P.P., Della Beffa, G., Gottero, F., Palenzona, M. (2003). *Cedui di castagno: indirizzi per la gestione e la valorizzazione*. Torino: Regione Piemonte, Blu Edizioni. ISBN 9788887417159

Gonthier, P., Robin, C. (2020). *Diseases. Chapter 11*. In: *The Chestnut Handbook: Crop and Forest Management*. Beccaro, G., Alma, A., Bounous, G., Gomes-Laranjo, J. (Eds). CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA. pp. 297-316. ISBN: 9781138334021

Google 2023. Google Satellite, Map data ©2015 Google, accesso effettuato in data 05/05/2023

Lauber, K., Wagner, G., Gyğax, A. (2001). *Flora Helvetica*. Bern: Haupt Verlag. ISBN 9783258077000

Lione, G., Brescia, F., Giordano, L., Gonthier, P. (2022). Effects of seasonality and climate on the propagule deposition patterns of the chestnut blight pathogen *Cryphonectria parasitica* in orchards of the alpine district of north western Italy. *Agriculture* 12: 644. DOI: 10.3390/agriculture12050644

Lione, G., Danti, R., Fernandez-Conradi, P., Ferreira-Cardoso, J.V., Lefort, F., Marques, G., Meyer, J.B., Prospero, S., Radócz, L., Robin, C., Turchetti, T., Vettraino, A.M., Gonthier, P. (2019). The emerging pathogen of chestnut *Gro-*moniopsis castaneae**: the challenge posed by a versatile fungus. *European Journal of Plant Pathology* 153: 671-685. DOI: 10.1007/s10658-018-1597-2

Lione, G., Giordano, L., Sillo, F., Brescia, F., Gonthier, P. (2021). Temporal and spatial propagule deposition patterns of the emerging fungal pathogen of chestnut *Gnomoniopsis castaneae* in orchards of north-western Italy. *Plant Pathology* 70: 2016-2033. DOI: 10.1111/ppa.13451

Lione, G., Giordano, L., Turina, M., Gonthier, P. (2020). Hail-induced infections of the chestnut blight pathogen *Cryphonectria parasitica* depend on wound size and may lead to severe diebacks. *Phytopathology* 110: 1280-1293. DOI: 10.1094/PHYTO-01-20-0006-R

QGIS plugin QuickMapServices versione 0.19.11.1. (2023).

QGIS software versione 3.10.0 - A Coruña (2023). QGIS Development Team, QGIS Association. <http://www.qgis.org>.

Rigling, D., Prospero, S. (2017). *Cryphonectria parasitica*, the causal agent of chestnut blight: invasion history, population biology and disease control. *Molecular Plant Pathology* 19: 7-20. DOI: 10.1111/mpp.12542

Il manuale è stato realizzato nell'ambito del progetto MONGEFITOFOR (Linee Guida per il MONitoraggio e la Gestione delle Emergenze FITOsanitarie nelle FOReste delle Alpi centro-occidentali - ID 540693), finanziato dall'Unione Europea tramite il Programma di Cooperazione Territoriale INTERREG V-A Italia-Svizzera 2014/2020.

Interreg

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

ITALIA SVIZZERA - ITALIE SUISSE - ITALIEN SCHWEIZ



UNIONE EUROPEA



MONGEFITOFOR

Région Autonome
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta



DISAFA
Dipartimento Regionale Sviluppo Agricolo e Forestale

