

Istituto Agrario di San Michele all'Adige
SafeCrop Centre

Agricoltura biologica

Il Centro SafeCrop, dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige (TN), promuove e divulga i risultati delle sue attività di sperimentazione per mezzo di una collana di **pubblicazioni gratuite**, dedicate all'imprenditore agricolo e al personale tecnico. Esse presentano gli ultimi aggiornamenti sulla biologia ed epidemiologia di vari patogeni che interessano la vite e la fragola. Nei volumi sono descritte **le malattie e le tecniche di difesa integrata**, le strategie a basso impatto impiegabili in agricoltura biologica e i risultati di alcune sperimentazioni effettuate in Trentino e in altre regioni italiane. Questo documento è disponibile:

1. in **formato elettronico** sul sito web di SafeCrop
2. in **formato cartaceo** (libretto) direttamente presso il Centro SafeCrop, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige oppure compilando il **modulo di richiesta**, scaricabile dal sito web di SafeCrop, indicando quali pubblicazioni si desiderano e inviandola, assieme al corrispondente francobollo di posta prioritaria per i soli costi di spedizione, al *Centro SafeCrop, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, via Mach 1, 38010 S. Michele all'Adige (TN)*

Collegamento per scaricare il modulo di richiesta:

http://www.safecrop.org/download/free_publications/richiesta_publicazioni.pdf

I marciumi radicali della vite

F. De Luca, D. Prodorutti, I. Pertot

De Luca, Federica

I marciumi radicali della vite / F. De Luca, D. Prodorutti, I. Pertot. – San Michele all'Adige (TN) : Istituto Agrario di San Michele all'Adige, 2005. – 48 p. : ill. ; 24 cm. – (Agricoltura biologica ; 2)

In testa al front.: SafeCrop

ISBN 88-7843-002-1

1. Vite - Radice - Malattie crittogamiche 2. Vite - Malattie crittogamiche - Piana Rotaliana 3. Vite - Malattie crittogamiche - Lotta integrata 4. Vite - Malattie crittogamiche - Lotta biologica I.

Prodorutti, Daniele II. Pertot, Ilaria III. SafeCrop

634.824

I marciumi radicali della vite

Prima edizione giugno 2005

© SafeCrop Centre, Via Mach 1 - 38010 San Michele all'Adige

© Istituto Agrario di San Michele all'Adige, Via Mach 1 - 38010 San Michele all'Adige

È vietata la riproduzione con qualsiasi mezzo essa venga effettuata

Ideazione, progetto e coordinamento editoriale

Ilaria Pertot

Testi

Federica De Luca, Daniele Prodorutti, Ilaria Pertot

Fotografie

Federica De Luca, fig. 2-6-7-8-11-12-13-14-15-16-20-22-23-26-27-29-34

Daniele Prodorutti, fig. 3-4

Valeria Gualandri, fig. 9-28

Elisabetta Pellegrini, fig. 10-35

Disegni

Ilaria Pertot

Progetto grafico ed editing

Palma & Associati

Stampa

Tipografia Alcione

Finito di stampare nel mese di giugno 2005

Indice

7	Introduzione
8	La radice
8	Come è fatta una radice
8	Zona apicale
10	Zona di accrescimento
10	Zona di maturazione e di struttura primaria
11	Zona suberosa
11	Zona di struttura secondaria
12	Armillaria mellea
12	Ciclo Biologico
15	Sintomi su vite
17	Decorso della malattia
18	Come si diffonde l'infezione
19	I marciumi radicali in Trentino
19	I progetti AGRIBIO e "I marciumi radicali della vite"
20	Identificazione degli agenti causali dei marciumi radicali in Piana Rotaliana
21	Diffusione ed incidenza dei marciumi radicali in Piana Rotaliana
24	Evoluzione del sintomo di "precoce arrossamento autunnale"
25	Distribuzione genetica di <i>A. mellea</i> in Piana Rotaliana
27	Difesa
28	Precauzioni da adottare in caso di nuovo impianto
29	Morie in vecchi impianti
30	Lotta con organismi antagonisti
31	Ricerca e sperimentazione in corso all'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige
31	I biofungicidi commerciali
32	Gli agenti di difesa biologica sperimentali
35	Esistono portainnesti resistenti?

Indice

- 37 Conclusioni

- 38 **Roesleria hypogaea**
- 38 Sintomi
- 39 Ciclo della malattia ed epidemiologia
- 39 Difesa

- 40 **Rosellinia necatrix**

- 42 **Phytophthora spp.**

- 44 **L'identificazione degli agenti causali dei marciumi radicali della vite**

- 46 **Ringraziamenti**

- 47 **Letteratura citata**

- 48 **Note biografiche**

Introduzione

I marciumi radicali della vite sono una sindrome patologica dovuta all'attività di microrganismi fungini che attaccano le radici delle piante, provocando un progressivo deperimento dell'ospite, fino alla sua inevitabile morte.

I patogeni responsabili di questi danni in Trentino sono principalmente *Armillaria mellea* nota come chiodino, fungo della ciocca o famigliola buona, *Rosellinia necatrix*, nota invece con il nome comune di marciume lanoso e *Roesleria hypogaea*.

La presenza di *A. mellea* risulta essere elevata e in preoccupante diffusione nella Piana Rotaliana, mentre relativamente a *R. necatrix*, si hanno pochi casi segnalati in passato in Trentino. *R. hypogaea* è invece un patogeno trovato recentemente in alcune zone della Piana Rotaliana e la cui diffusione è attualmente oggetto di studio.

La lotta a questo tipo di patogeni è molto complessa e di difficile attuazione a causa della modalità di infezione e di diffusione, della lunga persistenza nel terreno e dell'assenza di principi attivi chimici efficaci, che possano agire in maniera diretta e definitiva.

Le sole misure di lotta attuabili possono essere di tipo profilattico, in riferimento soprattutto alla gestione dei nuovi impianti. È necessario quindi controllare spesso lo stato di salute delle piante ed eliminare prontamente i casi infetti.

Il presente volume, nato dall'esperienza acquisita nel corso del progetto AGRIBIO, si propone di fornire a tecnici ed agricoltori gli adeguati strumenti conoscitivi per una corretta prevenzione e gestione di queste malattie.

La radice

F. De Luca

Nelle piante la radice è un organo generalmente sotterraneo e, anche se non visibile, è spesso la parte più estesa del vegetale.

Il sistema radicale svolge alcuni ruoli di primaria importanza come:

- ancoraggio al terreno,
- assorbimento di acqua e sali minerali,
- trasporto dei minerali,
- riserva di sostanze organiche.

La salute della radice è quindi fondamentale per la pianta.

Come è fatta una radice

Nella radice, partendo dalla parte più profonda verso la superficie del terreno, si distinguono le seguenti zone (Fig. 1):

- zona apicale,
- zona di accrescimento,
- zona di maturazione e di struttura primaria,
- zona di struttura secondaria.

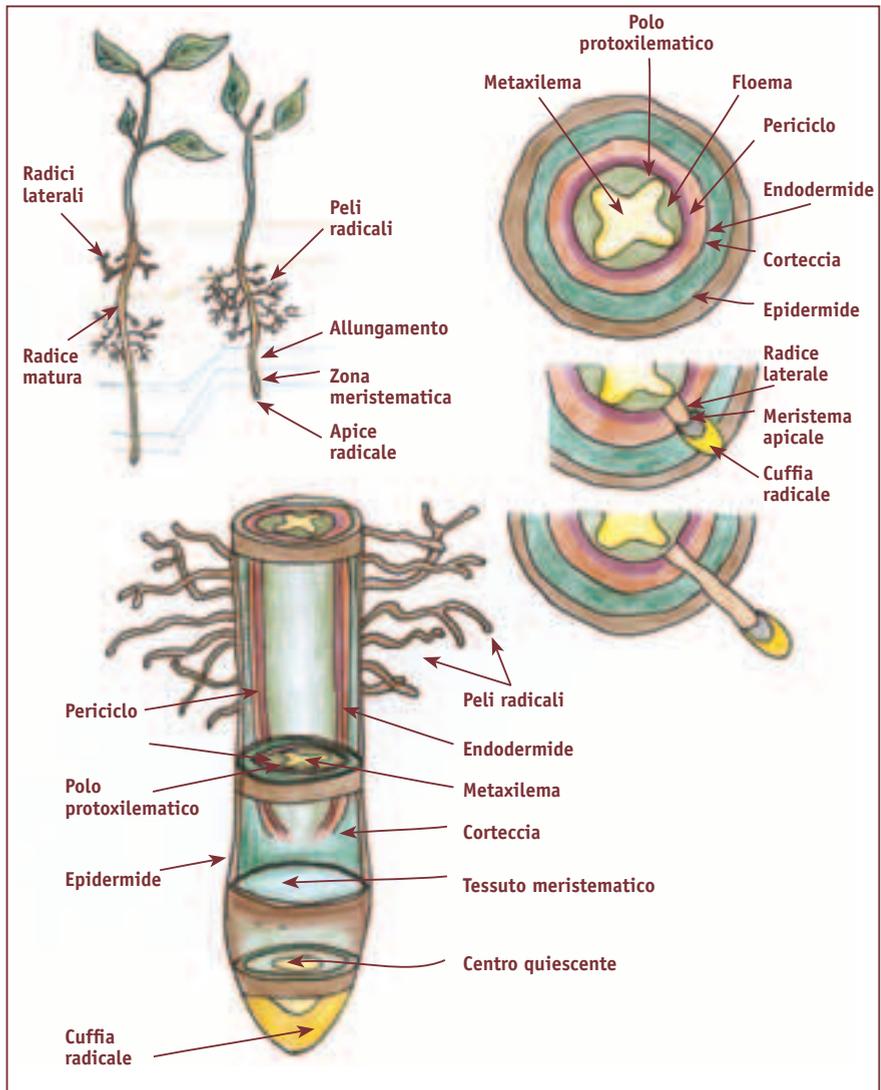
Zona apicale

La zona apicale presenta un apice radicale, rivestito da una struttura detta “cuffia radicale”, che ha la forma di un cappuccio e ha il compito di proteggere il meristema apicale e di favorire la penetrazione della radice nel terreno.

A mano a mano che la radice si allunga, la cuffia è sottoposta a una pressione sempre maggiore e di conseguenza le sue cellule si schiacciano e si sfaldano.

Tuttavia esse sono sostituite dall'attività del meristema sottostante. Le cellule della cuffia, sfaldandosi agiscono come un lubrificante, grazie anche alla presenza di una sostanza mucillaginosa di cui sono ricche. Oltre a proteggere il meristema apicale e a favorire con la sua azione lubrificante la penetrazione della radice nel terreno, la cuffia radicale gioca un ruolo importante nel controllo della risposta allo stimolo della gravità (geotropismo) nella radice.

Fig. 1 - Struttura della radice



Zona di accrescimento

Internamente alla cuffia sono visibili file longitudinali di cellule che si originano dal meristema apicale. La porzione della radice che comprende l'apice e la zona vicina ad elevata l'attività mitotica (dove vengono prodotte nuove cellule) viene indicata come zona di accrescimento per divisione. Al di sopra di questa zona, senza però che vi sia una netta demarcazione, si trova la zona di accrescimento per distensione. In questa zona, lunga in genere da 1 a 10 millimetri, le cellule si allungano ed iniziano a differenziarsi nei diversi tessuti che daranno poi origine alla radice secondaria.

Zona di maturazione e di struttura primaria

In questa zona si completa la differenziazione dei tessuti. La zona in cui tale maturazione avviene in modo completo è la zona pilifera, poiché le cellule epidermiche portano estrofles-

sioni chiamate peli. La zona pilifera è costituita da:

- rizoderma all'esterno della radice,
- cilindro corticale,
- cilindro centrale.

Il rizoderma, o epidermide della radice, ha funzione di rivestimento e di protezione, ma soprattutto è importantissimo per la vita della pianta, poiché è questa zona della radice dove vengono assorbiti acqua e sali minerali. In particolare sono i peli radicali a svolgere questa funzione. Sono molto numerosi, (diverse centinaia di peli in un millimetro quadrato di rizoderma), ma hanno però una vita breve, infatti, man mano che la radice si allunga e affonda nel terreno essi cadono e nuovi peli si formano con la stessa velocità con cui i vecchi erano caduti. La lunghezza della zona pilifera resta perciò sempre costante.

La corteccia, o cilindro corticale, si trova al di sotto del rizoderma, è una

zona piuttosto estesa e spesso le cellule che la compongono contengono amido ed altre sostanze di riserva. Lo strato più interno della corteccia è costituito da cellule molto ravvicinate fra loro (dette endoderma) e sono caratterizzate dalla banda del Caspary. È questa la porzione di radice che ha ruolo attivo nella selezione degli ioni minerali, che devono essere assorbiti ed inviati al resto della pianta.

Il cilindro centrale, che come dice il nome stesso, si trova nella zona più centrale della radice, è circondato dal periciclo, uno strato di cellule che origineranno i meristemi secondari e che determinano la formazione delle radici laterali. Nel cilindro centrale sono presenti i fasci vascolari, disposti a stella (struttura detta ad actinostele).

Zona suberosa

Alla zona pilifera fa seguito la zona

suberosa. Nelle cellule del vecchio rizoderma (che ha perso ormai i peli radicali), le pareti si ispessiscono di uno strato di suberina e si origina un tessuto epidermico resistente, che prende il nome di esoderma.

Zona di struttura secondaria

Nella vite e in generale nelle piante arboree, alla struttura primaria, fa seguito una crescita in spessore, sia del fusto che della radice. Tale accrescimento, detto crescita secondaria, avviene ad opera di due meristemi laterali: il cambio cribro-vascolare e il cambio subero-fellodermico.

Il cambio cribro-vascolare dà luogo alla formazione di nuovo legno e nuovo libro, mentre il cambio subero-fellodermico da origine verso l'interno della pianta al felloderma, mentre verso l'esterno al sughero che costituirà la corteccia.

Armillaria mellea

F. De Luca, D. Prodorutti, I. Pertot



Fig. 2 - Carpofori di *Armillaria mellea* alla base di una pianta di vite

Il genere *Armillaria* (*Basidiomycota*, classe *Homobasidiomycetes* ordine *Tricholomatales* famiglia *Tricholomataceae*) è composto da più di 40 specie, di cui parecchie distribuite in ristrette zone geografiche. In Europa le specie presenti sono otto (*A. borealis*, *A. cepistipes*, *A. lutea*, *A. mellea*, *A. ostoyae*, *A. ectypa*, *A. nigropunctata* e *A. tabascens*), tutte in grado di attaccare piante vive (e in tal caso si comportano da parassita) oltre che di degradare legno morto (saprofita), anche se con patogenicità e specificità d'ospite diverse (Fox, 2000).

In Trentino è stata segnalata la presenza di *A. mellea* su vite (importanti le perdite provocate da questo patogeno in Piana Rotaliana), su mirtillo gigante (in alcuni impianti della Val Sugana), su lampone e mora, su kiwi, su melo e su ciliegio.

Per pochi giorni, in autunno, questo fungo può essere identificato grazie ai suoi caratteristici corpi fruttiferi (detti anche carpofori o basidiomi,

ma volgarmente noti con il nome di chiodini), che sono edibili, numerosi, di grandi dimensioni e si sviluppano generalmente alla base delle piante colpite (Fig. 2). Il colore e la morfologia del carpoforo è anche carattere sistematico per il riconoscimento della specie.

Armillaria possiede un micelio di colore biancastro (Fig. 3), che assume una tipica forma a ventaglio ed è uno dei pochi generi di funghi che produce rizomorfe (Fig. 4). Queste ultime sono strutture composte da ife strettamente compattate a formare un cordone resistente, attraverso cui il fungo può espandersi nel terreno e penetrare nelle radici delle piante ospiti.

Ciclo Biologico

Armillaria spp. sopravvive nel suolo come saprofita su frammenti di radici e pezzetti di legno in decomposizione, in attesa di venire a contatto con



Fig. 3 - Micelio di *Armillaria*, che presenta la peculiare forma a ventaglio

Fig. 4 - Rizomorfe di *Armillaria*

radici vive di piante suscettibili, sviluppandosi quindi a loro spese come parassita (Fig. 5).

Il patogeno penetra nella corteccia della radice attraverso l'azione meccanica delle rizomorfe (cordo-

ni nerastri formati da fasci di ife ricoperte da uno strato protettivo di melanina); in seguito viene emesso il micelio che s'insinua nella zona sottocorticale con azioni meccaniche ed enzimatiche (Matta, 1996),

Fig. 5: Ciclo biologico di *A. mellea*

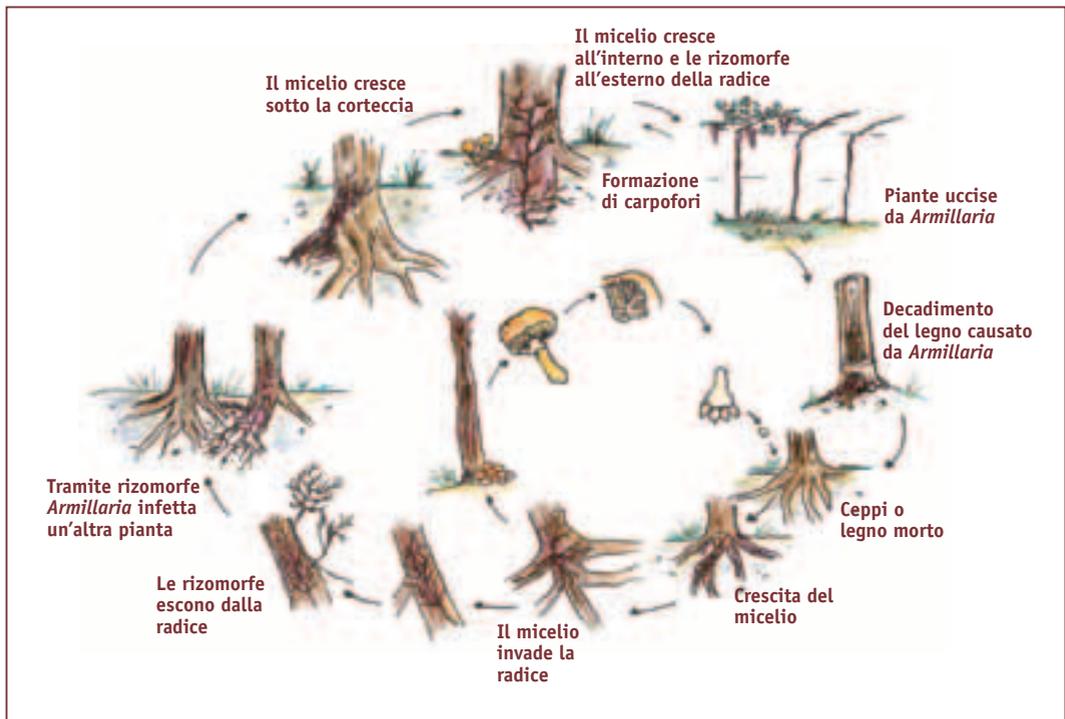




Fig. 7 - Grappoli spargoli e acini di piccole dimensioni su vite affetta da *A. mellea*

Fig. 8 - Grappoli di Teroldego: il grappolo a destra proviene da una pianta gravemente infetta da *Armillaria*, mentre il grappolo a sinistra proviene da una pianta sana

degradando il legno e distruggendo il cambio (Fig. 6).

La malattia si propaga “a macchia d’olio” alle piante limitrofe tramite il contatto radicale oppure mediante la produzione di rizomorfe che si dipartono dalla radice infetta ed, accrescendosi nel terreno, raggiungono una nuova radice da colonizzare. Se il patogeno rimane confinato alle radici, la pianta muore anche dopo parecchi

anni dall’inizio dell’infezione, mentre, se il fungo attacca anche il colletto, la pianta muore in poco tempo.

In autunno *Armillaria* spp. produce i caratteristici corpi fruttiferi dove, per ricombinazione sessuale, vengono prodotte le basidiospore che diffondono a distanza il patogeno. Queste ultime, però, non sembrano essere importanti per la diffusione della malattia, infatti sembra possono germinare solo su legno morto, dando origine al cosiddetto “micelio primario”. La fusione dei miceli primari di due organismi sessualmente compatibili origina il micelio secondario, che presenta virulenza più elevata ed è in grado di infettare piante sane.

In ambiente forestale questo fungo si comporta come “parassita di debolezza”, attaccando piante già indebolite da stress di varia natura o deperienti. Nelle colture agrarie può comportarsi come patogeno primario (Matta, 1996).

I maggiori problemi causati da *Ar-*

Fig. 6 - Micelio sottocorticale di *Armillaria mellea*

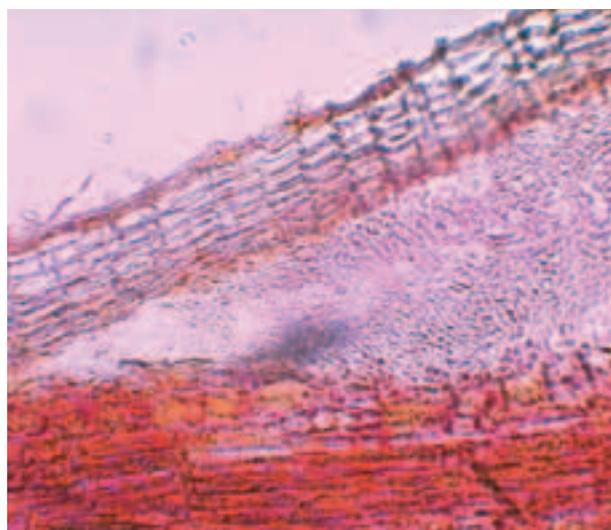




Fig. 9 - Pianta di Teroldego infetta da *Armillaria*, che presenta un vistoso arrossamento della chioma

millaria spp. si verificano nei nuovi impianti di vite e melo in aree precedentemente dedicate a bosco e disboscate di recente, quando seguono vecchi impianti con infezioni in atto oppure dove erano presenti vecchi alberi di drupacee, pomacee o salici. Non sempre questa malattia è associata a terreni pesanti e condizioni di asfissia radicale. Infatti in Trentino, nella Piana Rotaliana dove si verificano i maggiori problemi di infezioni del patogeno, il terreno è di tipo sabbioso con un buon drenaggio dell'acqua in eccesso.

Sintomi su vite

Le piante di vite infette da *Armillaria* spp. mostrano una serie di sintomi, spesso non facilmente ascrivibili al marciume radicale. Le piante inizialmente perdono vigore e possono sembrare sofferenti a causa di qualche carenza nutrizionale. Spes-

so hanno foglie piccole e clorotiche e sono più sensibili a stress idrico e ai danni causati dal freddo. I tralci spesso non sono ben lignificati e i grappoli appaiono di piccole dimensioni, e con acini spargoli (Figg. 7 e 8). In autunno le piante gravemente compromesse mostrano un precoce arrossamento o ingiallimento di tutta la chioma (Figg. 9 e 10).

È quindi difficile fare una corretta

Fig. 10 - Particolare di foglia in pianta con arrossamento causato da *Armillaria mellea*





Fig. 11 - Micelio sottocorticale di *A. mellea* nella zona del colletto di una vite gravemente compromessa

diagnosi esaminando soltanto l'apparato fogliare.

L'osservazione della radice fornisce invece un quadro più chiaro, facilmente riconducibile a quello del marciume radicale da *Armillaria*. Infatti, già ad primo esame superficiale, la radice appare scura, friabile e facilmente estraibile dal terreno. Inoltre, soprattutto in condizioni di elevata umidità, annusando la radice è possibile percepire un forte profumo di fungo fresco.

Grattando con un coltellino la corteccia del colletto e delle radici principali, si può evidenziare la presenza del micelio e delle rizomorfe. Il fungo infatti produce, nella zona sottocorticale, un micelio biancastro che spesso, nella parte terminale assume la tipica forma a ventaglio (Figg. 11 e 12). Le rizomorfe simili a radichette e di color bruno scuro, possono essere presenti sulle radici o possono essere trovate nel suolo.

La presenza del patogeno può essere

confermata dallo sviluppo dei corpi fruttiferi alla base delle piante affette (Figg. 13 e 14). La loro produzione è esclusivamente autunnale in quanto vincolata da particolari condizioni di temperatura ed umidità, che si ritrovano solo in questo periodo dell'anno. Non sempre però si assiste alla formazione di corpi fruttiferi, che compaiono saltuariamente nel vigneto.

Se si sospetta la presenza di *Armillaria*

Fig. 12 - Tipico micelio sottocorticale a ventaglio di *A. mellea*, evidenziato scortecciando il colletto di una pianta di vite cv Chardonnay

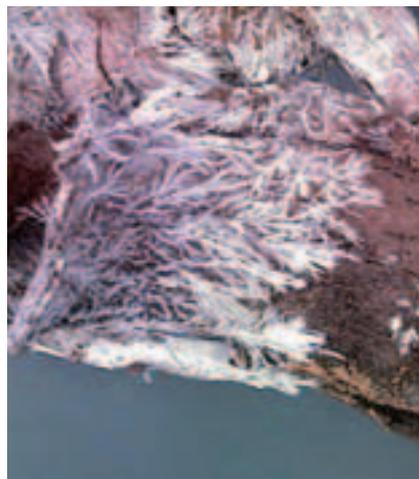




Fig. 13 - Carpofori di *Armillaria mellea* alla base di una pianta di vite cv. Teroldego

Fig. 14 - Carpofori di *Armillaria mellea* alla base di una vite che presenta un vistoso arrossamento

laria, ma non si rinvenivano micelio o rizomorfe, è possibile evidenziare il fungo mettendo la radice da esaminare in un sacchetto di plastica, ben chiuso, assieme a carta assorbente bagnata con acqua. Si lascia quindi il sacchetto al buio, ad una temperatura di circa 20°C. Trascorsi circa 15 giorni, si esamina nuovamente la radice. Se il patogeno è presente sulla radice, potrà essere ora identificato più facilmente, essendo stato mantenuto in condizioni ottimali che ne hanno garantito un'abbondante crescita. Nella Fig. 16 è stato riportato uno schema riassuntivo della sintomatologia riscontrabile in piante di vite infette da patogeni del genere *Armillaria*.

Decorso della malattia

Il tempo che decorre dal momento in cui la pianta sviluppa i sintomi, fino al momento della morte, non è prevedibile. La pianta può morire poco tempo dopo l'infezione (meno di un

anno) o dopo parecchi anni.

Molti sono i fattori che determinano il progredire dell'infezione:

- quantità di inoculo presente,
- estensione dell'attacco e posizione sulla radice (se, per esempio, ad essere attaccata è la zona del colletto, la morte giungerà rapida),
- condizioni del suolo,
- composizione microbica della rizosfera, lo spazio che circonda la radice.

Fig. 15 - Colpo apoplettico causato da *Armillaria*



Fig. 16 - Schema riassuntivo della sintomatologia riscontrabile in piante di vite infette da patogeni del genere *Armillaria*

Sintomi del marciume radicale da *Armillaria*

Apparato fogliare e frutti

- le piante appaiono stentate e meno vigorose
- sono più sensibili a stress idrico e al freddo
- le foglie sono più piccole e più chiare
- i frutti sono spesso di piccole dimensioni
- spesso presenza di rami secchi

Apparato radicale

- la radice appare più scura e facilmente estraibile
- emana profumo di fungo fresco
- asportando la corteccia alla base del tronco o sulle radici principali è possibile vedere il tipico micelio bianco a ventaglio
- a volte si possono rinvenire evidenti rizomorfe che crescono sulle superficie esterna delle radici
- in autunno, spesso il fungo può produrre i caratteristici corpi fruttiferi (chiodini) intorno al tronco o lungo le radici principali

Generalmente la morte avviene durante la ripresa vegetativa della primavera, quando cioè la richiesta di assorbimento da parte della pianta è massima e, con le radici compromesse, essa non riesce a fare fronte a tale richiesta.

Talvolta però la pianta può collassare durante l'estate ("colpo apoplettico") e in questo caso la vite dissecca rapidamente, mantenendo fortemente adese le foglie e i grappoli in formazione (Fig. 15).

Come si diffonde l'infezione

I funghi del genere *Armillaria* possono causare infezioni in più di 500

specie di piante forestali, sia conifere sia latifoglie, come per esempio quercia, frassino, acacia, faggio, abete bianco e abete rosso, larice e pino silvestre.

Quando si piantano nuovi vigneti in aree dove precedentemente c'era del bosco o un vecchio frutteto, nel caso in cui fossero già presenti infezioni di *Armillaria*, le radici infette rimaste nel terreno possono costituire la fonte iniziale di inoculo.

Armillaria è un fungo decompositore del legno. Vive nel suolo, ma necessita di tessuto legnoso su cui sopravvivere. Per questo motivo può vivere nelle radici in decomposizione anche per 50 anni. Le rizomorfe possono

crescere nel terreno anche per lunghe distanze, ma muoiono in breve tempo se sono separate dalla radice da cui si dipartono.

Sulla vite l'infezione avviene quando le radici entrano in contatto con vecchi pezzi di tessuto legnoso in cui è presente il patogeno o quando vengono raggiunte dalle rizomorfe. In entrambi i casi le modalità di infezione sono le stesse: il fungo entra in contatto con la radice e ne penetra la corteccia, grazie all'azione di enzimi litici. Agendo sotto la corteccia, *Armillaria* uccide il cambio e sviluppa il caratteristico micelio a forma di ventaglio. Il micelio si espande nella zona sottocorticale e continua nella degradazione del legno.

Le viti piantate in siti dove è presente l'inoculo possono rimanere asintomatiche per parecchi anni, poiché è necessario un certo tempo affinché avvenga il contatto tra radice e patogeno.

Una volta avvenuta, l'infezione può espandersi sulle viti limitrofe mediante contatto diretto fra radici o attraverso l'azione delle rizomorfe. La diffusione della malattia è solitamente abbastanza lenta.

La velocità di diffusione dipende da molti fattori, come per esempio l'umidità del suolo, la temperatura, la quantità di inoculo, la velocità di crescita del portainnesto, il sesto d'impianto. L'eccessiva umidità del suolo,

gli stress idrici in eccesso ed in difetto, le elevate concentrazioni di inoculo e lo scarso spazio fra vite e vite sono i tra principali fattori che agevolano l'infezione e ne favoriscono la diffusione.

I marciumi radicali in Trentino

I progetti AGRIBIO e "I marciumi radicali della vite"

Negli ultimi anni in Trentino, e particolarmente nella Piana Rotaliana, si è assistito ad un incremento della presenza di marciumi radicali su vite, favorito probabilmente dall'espandersi della monocoltura e dalla sostituzione delle piante morte nel vigneto senza rispettare un adeguato periodo di riposo del terreno.

La pericolosità di *A. mellea* è legata al fatto che l'inoculo permane nei residui radicali nel terreno anche per molti anni e può infettare le giovani piante del nuovo vigneto. Si assiste poi in genere ad un allargamento a macchia d'olio dell'infezione e a continui fallimenti dei rimpiazzi successivi.

Poiché il problema sembra essere in costante espansione soprattutto sulla varietà Teroldego, largamente diffusa nella Piana Rotaliana e dove quindi la presenza di agenti di marciumi ra-

dicali nel terreno potrebbe pregiudicare la produttività dei nuovi impianti, sono stati avviati e recentemente conclusi due progetti che avevano i seguenti obiettivi:

- l'identificazione degli agenti causali della malattia;
- la valutazione della reale diffusione e dell'incidenza degli agenti di marciume radicale in Piana Rotaliana;
- lo studio dell'efficacia dell'utilizzo della lotta chimica e biologica;
- la valutazione dell'efficacia di tecniche agronomiche nella riduzione dell'inoculo presente nel terreno e della sua diffusione;
- la valutazione della suscettibilità o tolleranza alla malattia dei portainnesti maggiormente utilizzati per il Teroldego;
- lo sviluppo di tecnologie innovative basate sull'utilizzo di microrganismi antagonisti o prodotti naturali da utilizzarsi nella lotta contro il patogeno.

Le prime tematiche sono state approfondite nel progetto di ricerca svolto in collaborazione tra l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige e la Cantina Rotaliana di Mezzolombardo, mentre l'individuazione di organismi antagonisti o metodi alternativi contro la malattia sono stati oggetto di studio del progetto AGRIBIO, finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento. Tali progetti prevedono il raggiun-

gimento di alcuni obiettivi quali: l'identificazione degli agenti causali dei marciumi e l'individuazione di strumenti di difesa contro questa malattia.

Identificazione degli agenti causali dei marciumi radicali in Piana Rotaliana

Sono stati controllati numerosi vigneti individuati grazie ad un questionario somministrato ai viticoltori della zona più colpita dalla malattia e da 41 di essi sono stati ricavati 55 isolati appartenenti al genere *Armillaria*.

Sono stati poi effettuati test specifici per l'attribuzione della specie. Mediante il test di interfertilità (effettuati grazie alla collaborazione con il Phytopathologie Eidg. Forschungsanstalt WSL di Birmensdorf, Svizzera) si è potuto affermare che tutti gli isolati ottenuti appartengono alla specie *A. mellea*. Metodologie di biologia molecolare (PCR delle regioni IGS dell'RNA ribosomale e successiva digestione con enzimi di restrizione) sono state poi adottate per confermare il test microbiologico e per sviluppare un metodo di screening più veloce per l'identificazione dell'agente causale del marciume (Harrington e Wingfield, 1995).

L'agente causale dei marciumi radicali in Trentino, in Piana Rotaliana, è risultato essere *A. mellea*, facendo

escludere infezioni causate da altri patogeni come *Rosellinia necatrix* e *Phytophthora cactorum*.

Nell'ottobre del 2002 è stato inoltre identificato ed isolato una altro agente di marciume radicale. La sua presenza è risultata sporadica e riferita ad alcuni vigneti che presentavano morie, ma assenza di *A. mellea* negli apparati radicali. Si tratta del fungo ascomicete *Roesleria hypogaea* che è solitamente un saprofita (si nutre di legno morto), ma può diventare parassita della vite, laddove sussistano condizioni pedo-climatiche favorevoli.

Ulteriori studi dovranno essere effettuati, per capire l'effettivo ruolo di questo patogeno nella causa di morie in Piana Rotaliana e per comprendere le relazioni che intercorrono fra i due patogeni radicali presenti.

Da una prima analisi sembra esistere una correlazione tra la presenza di *Roesleria hypogaea* ed una maggior incidenza di marciumi causati da *Armillaria*.

Analogamente i sintomi del "Mal dell'Esca" si manifestano nelle aree dove anche *A. mellea* è presente. Ciò potrebbe far ipotizzare che l'azione combinata di due patogeni renda la pianta più sensibile, oppure che i vigneti soggetti ad eventi stressogeni non ancora identificati siano maggiormente sensibili a patogeni radicali o malattie del legno.

Diffusione ed incidenza dei marciumi radicali in Piana Rotaliana

Vari sono stati gli approcci seguiti per lo studio della diffusione e dell'incidenza del marciume in Piana Rotaliana.

In particolare, grazie a fotografie panoramiche effettuate nel periodo della vendemmia, (quando si evidenziavano gli arrossamenti fogliari delle piante infette) è stato possibile verificare che la presenza dei marciumi radicali è diffusa in tutta la Piana Rotaliana, anche se si notano aree con una maggior densità di piante colpite. In questi casi si ha una distribuzione "a macchia d'olio" che conferma la trasmissione per via radicale della malattia.

Data l'ampia superficie da esaminare, sono stati individuati i vigneti con maggiori probabilità di presenza del marciume mediante il questionario somministrato ai viticoltori della zona. Per ogni proprietario ed ogni particella sono stati raccolti i dati relativi a: presenza di morie, stato delle radici delle piante morte, percentuale di piante morte, persistenza della moria.

I dati desunti dal questionario hanno permesso di determinare le zone maggiormente colpite da morie dovute a marciumi radicali e di stimare che il 13% del totale della superficie a vigneto nell'area considerata è inte-

ressato dai marciumi radicali (Sannicolò *et al.*, 2002).

Al fine di stabilire la reale utilità del questionario come indicatore per individuare la diffusione e l'incidenza della malattia nella Piana, sono state controllate alcune zone campione (Fig. 17). Inizialmente le zone considerate erano 31, ma nel 2002 due zone sono state espianate e quindi non sono più state oggetto di controlli.

Per ogni particella considerata, sono state conteggiate le viti che presentavano rossori precoci, le piante morte, le piante rimpiazzate e le piante apparentemente sane. Sono state considerate ogni anno circa 60.000 viti e il conteggio ha permesso di calcolare

l'incidenza della malattia nelle diverse zone (che abbiamo considerato uguale alla percentuale delle piante sintomatiche).

L'incidenza è stata però probabilmente sottostimata, in quanto i sintomi diventano evidenti solo quando la malattia è in uno stadio avanzato. Il conteggio, effettuato per quattro anni successivi, nello stesso periodo e nelle stesse particelle, ci ha permesso di poter seguire il decorso della malattia nel tempo (Fig. 18).

L'incidenza di marciumi radicali nelle zone controllate segue effettivamente l'andamento indicato dall'elaborazione dei questionari. Particelle indicate come a "forte presenza di marciumi", presentano alta presenza di

Fig. 17 - Comune di Mezzolombardo: zone di campionamento



piante con arrossamenti precoci (con percentuali, in alcune particelle che hanno superato l'11% nel 2002 e nel 2004), mentre zone indicate con "basse morie da marciumi", mostra-

no effettivamente basse percentuali di piante sintomatiche.

Per quanto riguarda invece l'evoluzione nel tempo della malattia, esistono zone in cui si è avuto un forte

Fig. 18 - Percentuale di piante sintomatiche presenti nelle diverse zone campionate, negli anni 2001, 2002, 2003, 2004

Zona	% Piante sintomatiche 2001	% Piante sintomatiche 2002	% Piante sintomatiche 2003	% Piante sintomatiche 2004
1	1,62	0,38	1,85	0,83
2	1,45	0,26	1,12	0,76
3	7,21	2,31	2,83	5,80
4	1,45	2,35	0,37	0,73
5	0,59	0,09	0,33	0,41
6	3,85	2,09	0,64	1,05
7	0,97	0,46	1,10	0,96
8	0,50	0,00	0,81	2,08
9	5,34	0,00	0,48	0,48
11	1,18	0,99	1,13	1,79
12	1,26	0,07	0,15	0,76
13	1,99	1,64	1,75	1,75
14	1,56	1,62	1,39	3,35
15	0,88	1,67	1,01	1,47
16	2,14	2,09	2,82	3,57
17	5,80	6,77	4,41	2,99
18	2,11	2,90	1,07	1,87
19	3,67	3,65	3,02	5,97
21	7,79	11,11	6,74	11,88
22	1,32	1,47	2,12	2,63
23	6,98	4,74	3,95	11,70
24	2,82	3,16	3,15	4,71
25	1,36	0,28	0,00	0,97
26	2,42	0,43	1,15	1,21
27	0,70	0,32	0,40	0,57
28	2,69	0,52	1,24	0,93
29	3,17	3,84	3,53	4,19
30	2,75	2,51	2,27	3,16
31	2,31	1,72	2,82	3,34

incremento della malattia (+3,32 dal 2001 al 2002 in una zona della località Novali), ma nella maggior parte delle particelle i valori sono compresi fra -1 e +1 ad indicare che, almeno nel breve periodo, la malattia può considerarsi stabile (Fig. 19).

Evoluzione del sintomo di “precoce arrossamento autunnale”

Per rispondere alla richiesta di alcuni agricoltori, che si ponevano il problema se asportare o meno, già in autunno, le piante arrossate, si è

Fig. 19 - Grafico rappresentante l'andamento della malattia dal 2001 al 2004, nelle zone campionate in Piana Rotaliana

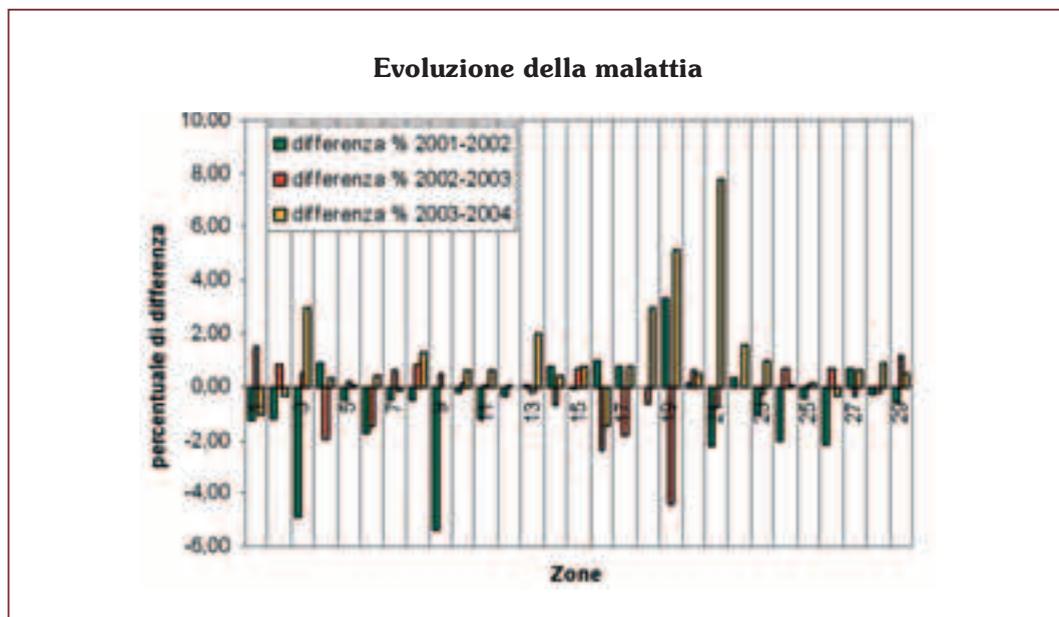




Fig. 20 - Operazione di segnatura delle viti che presentavano arrossamenti della chioma

cercato di approfondire l'evoluzione del sintomo.

Nell'autunno 2002 e del 2003, in due zone della Piana Rotaliana, sono state evidenziate, mediante nastro segnaletico, le piante che presentavano l'arrossamento tipico del marciume radicale (Fig. 20).

Lo scopo era appunto quello di capire l'evoluzione del sintomo, valutando la capacità di sopravvivenza delle piante arrossate. L'anno successivo sono state poi controllate le piante segnate per valutare il loro stato di salute.

Nella figura 21 sono riportati i risultati dei controlli effettuati negli anni 2003 e 2004, relativi alle piante che presentavano arrossamenti negli anni precedenti. Sono state evidenziate, nelle due zone controllate, le percentuali di piante morte, di piante all'apparenza sane, di piante nuovamente arrossate, di piante ingiallite e di piante stentate.

È evidente, dai risultati ottenuti, che la maggior parte delle piante che pre-

sentano l'arrossamento precoce autunnale, muoiono entro un anno dal rilevamento del sintomo. Solo una piccola percentuale sembra non mostrare più sintomi di deperimento. Ne consegue che è consigliabile l'asportazione delle piante sintomatiche per eliminare precocemente una sicura fonte di inoculo.

Distribuzione genetica di *A. mellea* in Piana Rotaliana

Gli isolati di *A. mellea* provenienti dalla Piana Rotaliana sono stati esaminati per verificare se appartengono ad uno stesso genotipo (e quindi si tratta di un unico organismo che ha infettato la zona) o se invece in Piana Rotaliana esistono più genotipi di *A. mellea*.

È importante conoscere l'assetto genico della zona per capire l'evoluzione della malattia. Se, infatti, gli isolati appartenessero tutti allo stesso genotipo, ovvero fossero tutti un uni-



Fig. 22 - Test di incompatibilità somatica. I due isolati di *Armillaria* non si fondono e resta fra i due organismi una linea scura, ad indicare che non appartengono allo stesso gruppo di compatibilità somatica

co grande organismo di *A. mellea*, ciò indicherebbe un'alta virulenza del patogeno, che risulterebbe avere invaso tutta la Piana Rotaliana. Si

tratterebbe quindi di un ceppo particolarmente virulento ed in grado di espandersi velocemente. Se invece gli isolati appartenessero a più ge-

Fig. 21 - Percentuale di piante morte, piante all'apparenza sane, piante arrossate, ingiallite o stentate, relativa ai controlli effettuati nell'autunno del 2003 e del 2004 sulle piante segnate l'anno precedente

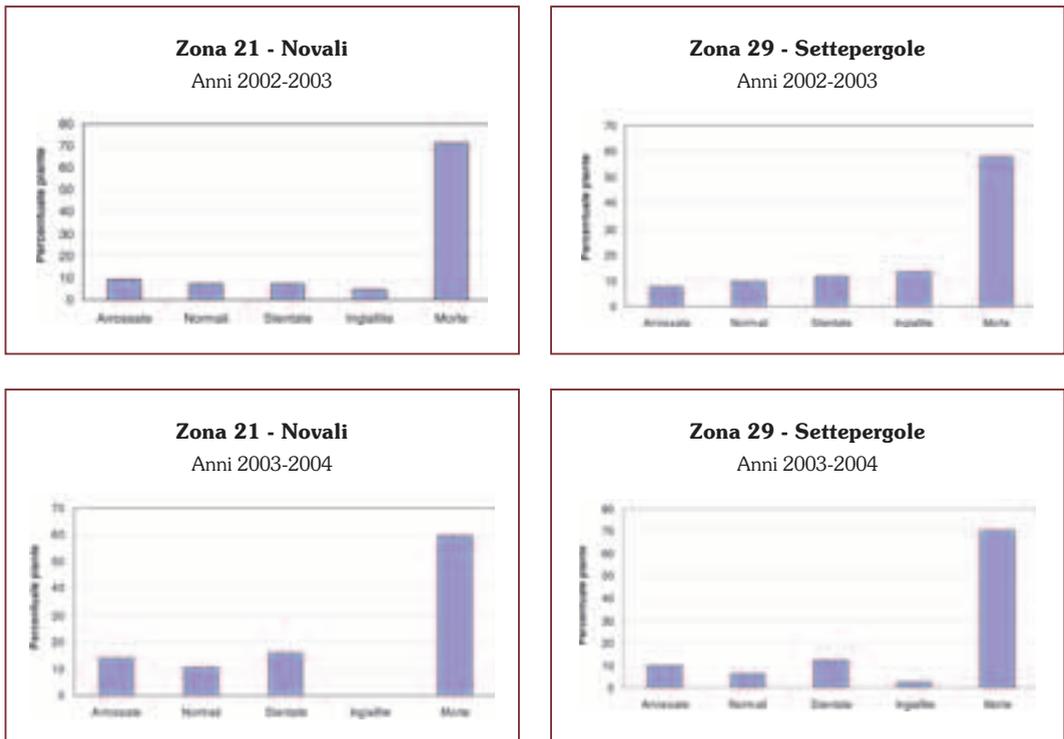




Fig. 23 - Test di incompatibilità somatica. I due isolati di *Armillaria* si fondono e quindi appartengono allo stesso gruppo di compatibilità somatica

notipi significherebbe che i punti di inizio della malattia sono molteplici e la velocità di propagazione della malattia risulterebbe quindi minore.

Ci siamo avvalsi della collaborazione del dott. Daniel Rigling del Phytopathologie Eidg. Forschungsanstalt WSL di Birmensdorf per l'implementazione dei test di compatibilità somatica per discriminare gli organismi geneticamente identici. Detto test permette di evidenziare una linea scura, quando appaiati in terreno di coltura, fra isolati di *A. mellea* che non presentano lo stesso genotipo. Se invece gli isolati si fondono significa che sono geneticamente identici (Fig. 22 e 23).

L'analisi ha rilevato la presenza di almeno 23 diversi ceppi di *A. mellea* nella regione esaminata, come riportato nella tabella di figura 24.

I diversi genotipi sono stati poi posizionati su una mappa creata con il software Arcview (Fig. 25).

Ogni genotipo include uno o più isolati. Sono stati trovati tre grossi grup-

pi, che contengono rispettivamente 13, 8 e 6 isolati, in zone anche molto distanti nella Piana.

Difesa

Non esistono in commercio prodotti in grado di eradicare o controllare la malattia. Fumiganti o sterilizzanti si sono rivelati inefficaci, in quanto non penetrano a più di 50 cm nel suolo e non raggiungono comunque il fungo, che generalmente si trova protetto dalla corteccia, all'interno del legno colonizzato. Inoltre i fumiganti influiscono negativamente sulla composizione microbica del terreno, uccidendo anche i potenziali antagonisti naturali del patogeno. *Armillaria*, che sopravvive all'interno delle radici in decomposizione, non trova più opposizione e la sua crescita viene in realtà agevolata dall'uso dei fumiganti.

Allo stato attuale delle conoscenze e dei principi attivi disponibili l'unico

modo di impedire l'espansione della malattia resta quindi la riduzione dell'inoculo presente nel terreno, mediante tecniche agronomiche corrette.

Precauzioni da adottare in caso di nuovo impianto

Quando un nuovo impianto viene effettuato in un sito dove prima si

trovava un bosco, specialmente se costituito da specie molto sensibili ad *Armillaria* (querchia, nocciolo, acacia, abete e pino) un frutteto o un vigneto, bisogna innanzitutto stabilire se la malattia era presente nella coltura precedente.

Si deve quindi procedere al controllo accurato dell'apparato radicale delle piante estirpate per evidenziare la

Fig. 24 - Gruppi di incompatibilità somatica: per ogni gruppo è stato indicato il numero di ceppi di *Armillaria mellea* appartenenti al gruppo e le zone da cui i ceppi sono stati isolati

Gruppo di compatibilità Somatica (scg)	N° isolati	Zone
SCG1	1	Sette pergole
SCG2	1	Sette pergole
SCG3	13	Campacci, Vignai, Cervara, Morei, Entichiari, Sette pergole
SCG4	1	Campacci
SCG5	8	Campacci, Vignai, Morei, Entichiari
SCG6	1	Scalabrina
SCG7	1	Pasquari
SCG8	6	Entichiari, Rauti, Novali
SCG9	1	Sette pergole
SCG10	2	Campacci
SCG11	1	Campacci
SCG12	1	Pasquari
SCG13	1	Novali
SCG14	1	Novali
SCG15	2	Maso Cervara
SCG16	1	Campacci
SCG17	1	Sorti
SCG18	2	Novali
SCG19	2	Pasquari
SCG20	1	Pasquari
SCG21	1	Rauti
SCG22	2	Rauti
SCG23	2	Rauti

presenza o meno dei sintomi sopra descritti.

Se l'esame delle radici rivela l'esistenza di patogeni radicali, il suolo deve essere lavorato in profondità e ogni residuo radicale deve essere rimosso. L'area dovrebbe essere lasciata a riposo per almeno 3-5 anni in modo che l'inoculo del patogeno possa ridursi in maniera significativa. Ciò si può ottenere con l'utilizzo di colture non sensibili ad *A. mellea*, come ad esempio leguminose e brassicacee.

Le piante infette devono essere rimosse in modo da lasciare il minor numero di residui radicali nel terreno ed essere poi prontamente eliminate. Non devono mai essere trasportate in zone non infette dal patogeno, in-

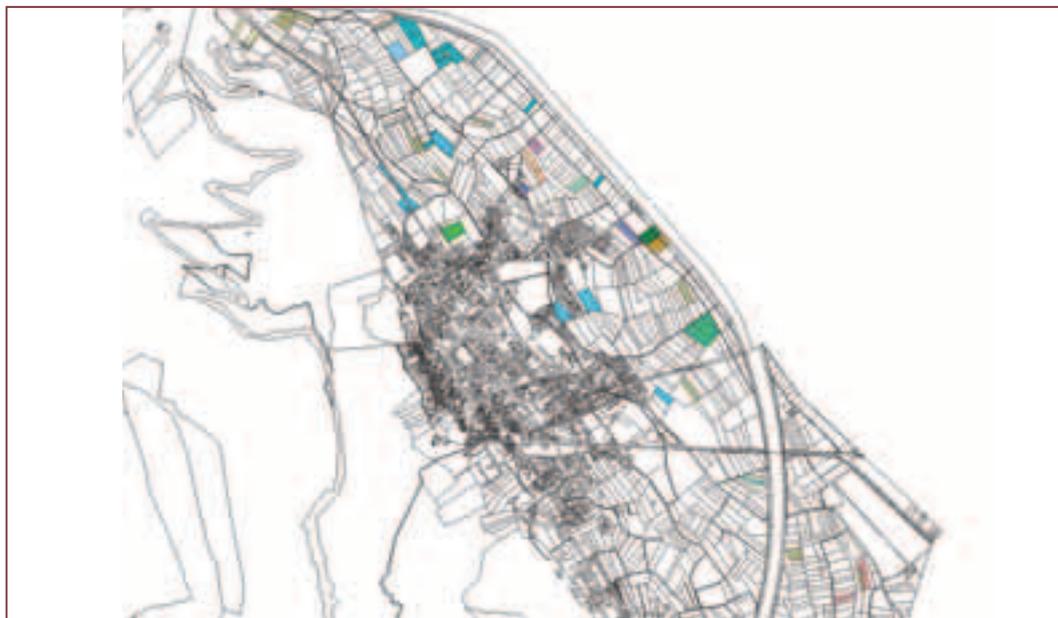
terrate o utilizzate per la produzione di compost.

Allo stesso modo si deve porre attenzione alle attrezzature utilizzate per la movimentazione del terreno. Possono infatti permanere su tali attrezzature rizomorfe o micelio di *Armillaria*. Quindi è importante la pulizia degli attrezzi con la rimozione dei residui terrosi, prima dell'utilizzo in altri appezzamenti, onde evitare il rischio di trasportarvi il patogeno.

Morie in vecchi impianti

Nel caso in cui si verificano morie causate da *Armillaria* in vecchi impianti, è consigliabile asportare al più presto le piante morte o le piante che

Fig. 25 - Gruppi di incompatibilità somatica: ogni gruppo di compatibilità è stato indicato con un diverso colore



mostrano sintomi conclamati. Si dovranno estirpare il più possibile tutte le radici, per ridurre l'inoculo presente nel terreno.

Le piante singole estirpate non andrebbero mai rimpiazzate con nuove piante, in quanto queste ultime cresceranno poco vigorose e saranno destinate a contrarre l'infezione in poco tempo. Si consiglia di lasciare libero per alcuni anni il terreno da dove è stata estirpata la pianta infetta, provvedendo a controllare lo stato delle piante limitrofe. Nel caso in cui si sospettasse un'espansione dell'infezione si consiglia di rimuovere prontamente tutte le piante con sintomi sospetti. Se invece la presenza di *A. mellea* è talmente elevata da compromettere la resa qualitativa e quantitativa del vigneto, si consiglia di asportare l'impianto e rispettare un adeguato periodo di riposo o rotazione con altre colture non sensibili.

Non esistono ancora purtroppo delle indicazioni precise del tempo necessario per l'abbattimento dell'inoculo nel terreno.

Lotta con organismi antagonisti

La difesa nei confronti di *Armillaria* spp. con metodi fisici e chimici, è attualmente inadeguata o impraticabile. Il controllo biologico, mediato da organismi antagonisti al patogeno

stesso, potrebbe quindi costituire una valida alternativa.

Gli antagonisti o agenti di difesa biologica possono agire inibendo o prevenendo la formazione di rizomorfe e di micelio, limitando il patogeno nel substrato già occupato o attivamente, colonizzando il substrato non ancora invaso da *Armillaria* o addirittura eliminandola dal substrato di crescita (Hagle e Shaw, 1991). Per poter contrastare efficacemente lo sviluppo di *Armillaria* spp. dovrebbero essere però dei buoni colonizzatori del legno o appartenenti alla rizosfera.

L'agente di difesa biologica ideale dovrebbe riprodursi adeguatamente nel terreno, resistere o tollerare altri organismi antagonisti, germinare e crescere rapidamente, invadere ed occupare velocemente il substrato organico.

Le modalità con cui un antagonista può agire nei confronti di *A. mellea* sono fondamentalmente tre (Raziq, 2000):

- **Antibiosi e lisi:** l'antibiosi è l'inibizione di un organismo, determinata da un prodotto del metabolismo o del catabolismo di un altro organismo. Molto spesso la sostanza prodotta genera la lisi, cioè la distruzione, disintegrazione, dissoluzione o decomposizione di materiale biologico dell'organismo su cui agisce.
- **Competizione di spazio o nutrimento:** è l'interazione di uno o

più organismi che consumano il medesimo substrato e occupano uno spazio fisico, che risulta insufficiente a sostenere entrambi.

- **Parassitismo e predazione:** è un effetto diretto dell'antagonista sul patogeno. L'antagonista utilizza il patogeno come fonte di cibo.

I più studiati antagonisti di *Armillaria* spp. appartengono al genere *Trichoderma*.

Le specie del genere *Trichoderma* sono fra le più frequenti tra i colonizzatori del suolo (Hagle e Shaw, 1991). L'interesse nei confronti di questi funghi venne stimolato da Weindling che nel 1932 dimostrò come *Trichoderma lignorum* parassitizzava alcuni funghi del terreno.

Il genere venne quindi successivamente studiato per la sua attività antagonista contro i più diversi patogeni vegetali.

Alcuni ceppi di specie appartenenti al genere *Trichoderma* sono stati approfonditamente studiati per la loro efficacia antagonista e commercializzati come biofungicidi.

Ricerca e sperimentazione in corso all'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige

Fin dal 2001 nel laboratorio di Patologia Vegetale dell'Unità Operativa

Difesa delle colture e selezione sanitaria dell'Istituto Agrario S. Michele all'Adige, nell'ambito del progetto AGRIBIO, si stanno valutando strategie innovative di lotta biologica contro i marciumi radicali da *Armillaria* e ad altri patogeni della vite (Vecchio-*ne et al.*, 2002; De Luca *et al.*, 2002; Pertot *et al.*, 2002).

In collaborazione con la Cantina Rotaliana di Mezzolombardo sono stati valutati, direttamente in campo, metodi di lotta agronomica e/o utilizzo di biofungicidi.

I biofungicidi commerciali

Nelle prove in campo sono stati sperimentate due specie di *Trichoderma*: *Trichoderma harzianum* ceppo T39, commercializzato con il nome di Trichodex® dalla ditta Intrachem Bio Italia e *Trichoderma viridae* ceppo TV1® commercializzato dalla ditta Agribiotec.

I biofungicidi sono stati utilizzati a diversi dosaggi al momento dell'impianto di un nuovo vigneto o dell'impianto di piante singole.

Le problematiche che si incontrano nella sperimentazione in pieno campo sono molte, soprattutto determinate dalla natura del patogeno. Una notevole difficoltà è costituita dal fatto che per la determinazione dell'efficacia di un prodotto sono necessari tempi molto lunghi. Le piante di vite

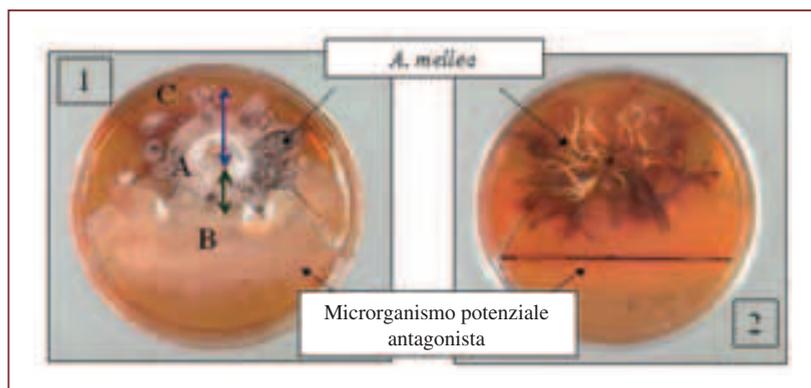


Fig. 26 - Esempio di coltura duale

infatti mostrano sintomi di sofferenza radicale non prima di tre anni dall'impianto. Due sono le ipotesi che potrebbero spiegare questo ritardo nell'espressione dei sintomi:

- la barbatella di vite durante i primi anni di crescita esercita una certa resistenza all'infezione di *Armillaria*;
- *Armillaria*, che si trova all'interno di pezzetti di radice marcescenti della coltura precedente, prima deve crescere e prendere contatto con le radici della vite del nuovo impianto.

Da ciò deriva che i tempi per l'esecuzione delle prove sperimentali sono molto lunghi e a tutt'oggi pochi sono i siti in corso di studio dove si sono presentati i sintomi di marciume radicale.

Un ulteriore problema è legato alla distribuzione non omogenea del patogeno, che può essere presente solo in alcuni punti lungo il filare e richiede ampi siti per le sperimentazioni, essendo peraltro impronibile l'ino-

culo artificiale di *Armillaria mellea* in vigneti commerciali.

Gli agenti di difesa biologica sperimentali

Per identificare nuovi agenti di difesa biologica, sono stati isolati con diverse tecniche, microrganismi presenti in vari ambienti (vigneti abbandonati, piante sane vicine a piante infette, boschi, frutteti, ecc.) e in diverse località italiane. Una consistente parte di essi è stata isolata nella Piana Rotaliana in quanto, se efficaci, risulterebbero ben adattati alle condizioni pedoclimatiche della zona.

I microrganismi sono stati isolati da diversi substrati vegetali (foglie, radici infette e non, rizomorfe di *Armillaria* parzialmente degradate, corpi fruttiferi di *A. mellea*, materiale legnoso parzialmente degradato) e conservati in una collezione composta da quasi 3000 organismi fra funghi filamentosi, lieviti e batteri.

Una parte di questi microrganismi sono stati già valutati per la capacità di inibire la crescita di *A. mellea*.

Inizialmente si sono effettuate le cosiddette “colture duali”. Questo metodo consiste nel posizionare nella stessa piastra di coltura sia il patogeno, sia il potenziale antagonista. Viene poi misurata nel tempo la crescita del patogeno per valutare se vi è stata inibizione da parte del potenziale agente di biocontrollo (Fig. 26).

La crescita del patogeno è stata valutata misurando la colonia nella direzione del potenziale antagonista e in quella opposta. L'efficacia di inibizione è stata valutata confrontando le due distanze.

La crescita in “coltura duale” ha però lo svantaggio che le condizioni sperimentali sono molto diverse da quelle ambientali. Per effettuare una valutazione più realistica dei microrganismi tenuti in collezione è stato sperimentato un nuovo metodo che utilizza un tronchetto di legno sterilizzato in autoclave, come substrato principa-

le per la crescita. *A. mellea* e l'organismo da valutare sono inoculati ai poli opposti del tronchetto. La capacità del microrganismo di bloccare la crescita del fungo patogeno sul tronchetto costituisce la misura dell'efficacia come antagonista (Fig. 27).

Ovviamente anche questo tipo di test risulta semplificato rispetto alle condizioni naturali, ma è sicuramente maggiormente attendibile rispetto alla semplice “coltura duale”.

Per valutare la capacità di inibire l'attacco di *A. mellea* in un sistema reale, il metodo migliore sarebbe ovviamente basato sull'uso di piante di vite. Come già precedentemente ricordato, purtroppo la crescita di *A. mellea* su vite è relativamente lenta. Infatti, come evidenziato da rilievi di campo e di serra, il sintomo corrispondente all'attacco del patogeno si evidenzia soltanto dopo 3 o 4 anni dall'infezione.

Si è quindi ricorso ad un organismo modello, sensibile ad *A. mellea*, ma che si ammalasse in tempi più brevi rispetto alla vite. La fragola è risultato essere un buon modello per valutare l'efficacia di potenziali antagonisti nei confronti di *A. mellea* (Raziq e Fox, 2000).

Nel corso dell'estate 2003 sono iniziate le prove su fragola in serra, effettuando un'infezione artificiale con *A. mellea* mediante tronchetti di legno infetti. L'attività di alcuni po-

Fig. 27 - Esempio di coltura duale con tronchetto di legno.

Ad un capo del tronchetto è stata inoculata *A. mellea*, all'altro capo il potenziale antagonista





Fig. 28 - Prove di antagonismo su fragola. Dopo aver inoculato la piantina con *A. mellea*, sulle radici viene versato un potenziale antagonista in coltura liquida

Fig. 29 - Colletto di fragola morta a causa di *Armillaria*. Asportando la corteccia in questa zona si può verificare la presenza del bianco micelio del patogeno

tenziali organismi antagonisti è stata poi valutata trattando in contemporanea con il microrganismo cresciuto in apposita coltura liquida (Fig. 28). Quando l'organismo è efficace nel contrastare l'azione di *A. mellea* la pianta sopravvive, in caso contrario la pianta viene attaccata dal patogeno e muore dopo poco tempo dall'inoculo.

Sono stati inoltre valutati anche alcuni antagonisti commerciali (Trichodex[®], Trichoderma viridae[®]), un prodotto contenente spore di endomicorrize (Endosol[®]), ed un organismo antagonista isolato presso il CNR di Firenze (*Cladosporium tenuissimum*).

La vitalità delle piante trattate è stata controllata settimanalmente e le fragole morte sono state esaminate per verificare la presenza dell'infezione da *A. mellea* (Fig. 29).

In una prima prova effettuata su un totale di 24 organismi sperimentali, sei sono stati in grado di proteggere tutte le piante inoculate, 14 hanno dato

una parziale protezione, 14 non hanno ostacolato per nulla il patogeno.

I biofungicidi commerciali purtroppo non hanno dato alcuna protezione, poiché tutte le piante trattate, alla fine dell'esperimento erano infette da *Armillaria*.

Le prove effettuate per la ricerca di nuovi antagonisti, hanno selezionato alcuni microrganismi particolarmente interessanti.

Il primo organismo è un fungo ascomicete, *Trichoderma atroviridae* (ceppo 122F), che è stato isolato in una località in provincia di Belluno, su rizomorfe in degradazione di *Armillaria* sp. Questo fungo ha avuto un buon successo per quanto riguarda i saggi in coltura duale (Fig. 31), ma più limitato nei test di valutazione su piante di fragola.

Un altro organismo con un buon effetto antagonista è un batterio (*Bacillus* sp.), isolato da radici di vite provenienti dalla piana Rotaliana (Fig. 30).



Fig. 30 - Coltura duale con tronchetto di legno. Ad un capo del tronchetto (in alto) è stato inoculato il batterio denominato 77F, mentre all'altro capo è stata inoculata *Armillaria*. Si può notare come le rizomorfe del patogeno "mantengono le distanze" dal batterio, che ne inibisce la crescita, probabilmente grazie alla produzione di sostanze tossiche per *Armillaria*

Questi ed altri microrganismi che hanno dimostrato attività antagonista dovranno però essere ulteriormente valutati sia per quanto riguarda l'efficacia nei confronti di *A. mellea*, sia per escludere una loro tossicità nei confronti dell'uomo e dell'ambiente.

Esistono portainnesti resistenti?

Non sono mai state segnalate piante resistenti ad *Armillaria* (Fox, 2000), ma sembra però esservi una diversa sensibilità nelle diverse specie e cultivar per quanto riguarda l'attacco

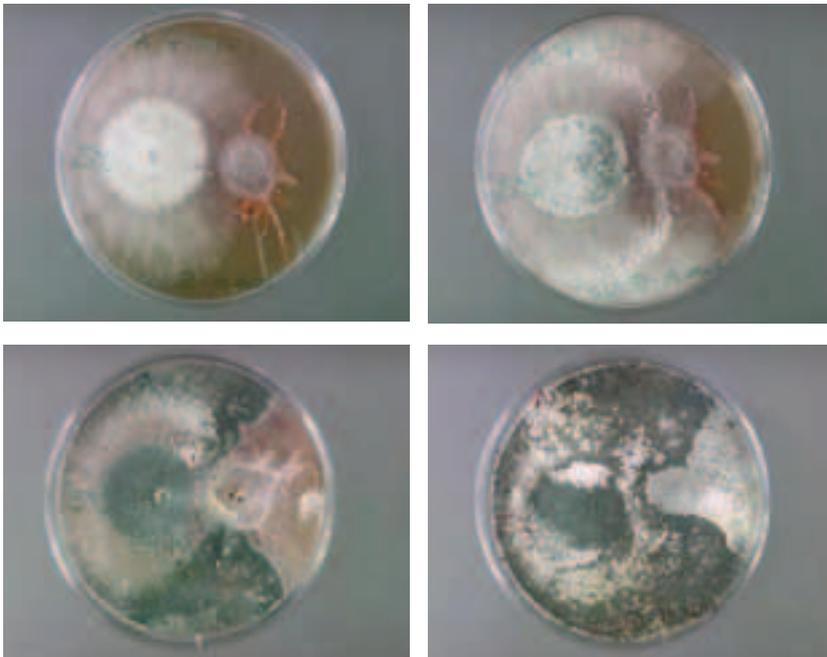


Fig. 31 - Coltura duale in cui *A. mellea* (a destra nella piastra) viene cresciuta a 25°C con *Trichoderma atroviridae* ceppo 122F (a sinistra). Si può notare come, a distanza di 20 giorni dall'inoculo *Trichoderma* ha completamente bloccato la crescita del patogeno

del patogeno. Per capire se esiste una diversa sensibilità alla malattia, nei portainnesti comunemente utilizzati per il Teroldego o in sperimentazione ai fini del miglioramento della qualità delle uve, sono stati valutati mediante infezioni artificiali di *A. mellea* in condizioni controllate in vaso.

I portainnesti utilizzati per la prova sono di seguito elencati:

- Schwarzmann (*Vitis Riparia X Vitis Rupestris*),
- 3309 (*V. Riparia X V. Rupestris*),
- 101-14 (*V. Riparia X V. Rupestris*),
- Teleki 5C (*V. Berlandieri X V. Riparia*),
- S.O. 4 (*V. Berlandieri X V. Riparia*),
- Kober 5bb (*V. Berlandieri X V. Riparia*),
- 41B (*V. Vinifera X V. Riparia*).

Le piante sono state poste in vaso ed inoculate, sia con torba contenente

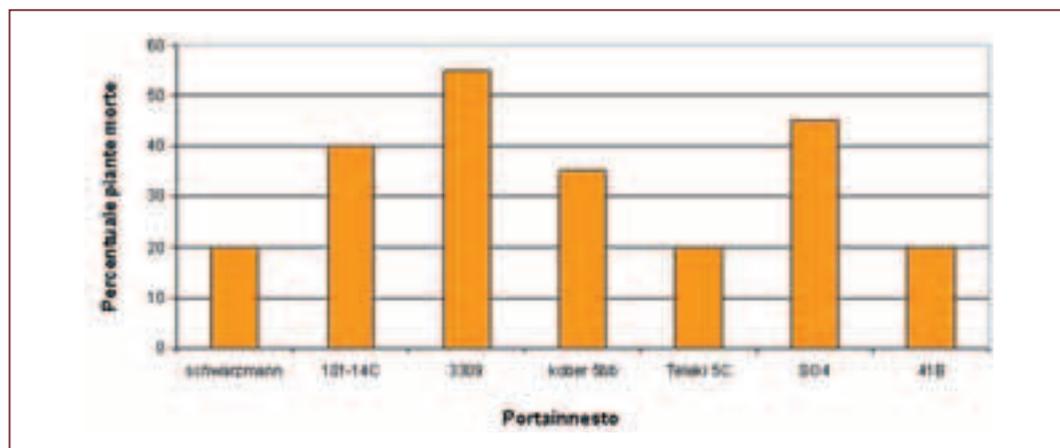
tronchetti infetti, sia con incisioni e deposizione di rizomorfe nello strato sottocorticale.

Nella primavera 2002 si sono rilevate le prime morie. Le piante morte sono state estirpate e sono state esaminate per verificare la presenza o meno di *A. mellea*.

L'analisi ha evidenziato una differenza significativa fra i diversi metodi di inoculo. Infatti le piante inoculate con le rizomorfe, deposte sotto la corteccia hanno presentato alta mortalità, ma non a causa di *A. mellea*. Il metodo migliore per l'inoculazione artificiale si conferma quindi l'utilizzo della torba infetta con frammenti di legno infetto che ricalca le condizioni naturali d'infezione (De Luca *et al.*, 2003).

Per quanto riguarda la sensibilità dei portainnesti ad *Armillaria*, le leggere differenze riscontrate fra i diversi por-

Fig. 32 - Grafico che illustra la percentuale media di piante morte per *Armillaria* dal 2002 al 2004



tainnesti (evidenziate dal grafico di figura 32) non risultano però essere statisticamente significative.

Allo stato attuale, quindi, non esistono differenze significative fra i portainnesti utilizzati comunemente con il Teroldego.

Conclusioni

Armillaria spp. è un patogeno difficile da controllare. È quindi importante saperne riconoscere precocemente i sintomi, in modo da procedere velocemente all'estirpazione delle piante infette, prima che avvenga la propagazione della malattia. È fondamentale, nel caso di nuovi impianti, porre

particolare attenzione alle radici delle piante della precedente coltura.

Nel caso in cui si rilevasse la presenza del patogeno, il comportamento da suggerirsi è quello di lasciare il terreno a riposo o di coltivarlo con piante poco sensibili ad *A. mellea*.

Non potendo utilizzare queste precauzioni, si deve rimuovere il più accuratamente possibile tutti i residui radicali presenti nel terreno, in modo da ridurre significativamente l'inoculo e ritardare o annullare lo sviluppo della malattia.

L'utilizzo di endomicorrize e di organismi antagonisti, per ora solo sperimentale, potrà diventare, nei prossimi anni, un valido strumento, per il controllo della malattia (Fig. 33).

Fig. 33 - Protocollo consigliato in caso di nuovo impianto



Roesleria hypogaea

F. De Luca



Fig. 34 - Apoteci di *Roesleria hypogaea* su radice di vite cv. Teroldego

Nell'anno 2001 è stato identificato, in alcuni vigneti della Piana Rotaliana, un altro agente di marciume radicale della vite.

Si tratta del poco noto fungo ascomicete *Roesleria hypogaea* Thuem e Pass. Il patogeno è generalmente associato a vigneti che crescono in suoli freddi e umidi. Il fungo, descritto in Europa fin dalla fine del 1800 ed in seguito segnalato negli Stati Uniti, può provocare seri problemi nei siti di reimpianto.

La malattia è stata associata a marciume radicale su *Malus*, *Pyrus*, *Cydonia*, *Prunus*, *Salix*, *Tilia*, *Rosa* e *Paliurus*.

Sintomi

I sintomi su vite non sono specifici e quindi difficili da attribuire in prima analisi al patogeno.

Le viti presentano infatti, a livello dell'apparato fogliare, i classici sintomi

del marciume radicale, e cioè stentatezza generalizzata, tralci non ben lignificati, grappoli con acini piccoli e spargoli.

Anche in questo caso è presente il precoce arrossamento (o ingiallimento) autunnale che riguarda tutta la chioma.

A livello radicale, la diagnostica non è così semplice come per gli altri agenti di marciume. Infatti, la radice non è facilmente estraibile, non appare marcescente e non si evidenzia presenza di micelio fungino.

Ciò può erroneamente portare a pensare che non si tratti di marciume radicale.

Le uniche indicazioni utili che ci possono far capire che si tratta di *Roesleria hypogaea* sono: la scarsa presenza di radichette assorbenti ed in particolare il ritrovamento dei corpi fruttiferi del patogeno (detti apoteci), che possono essere meglio evidenziati ponendo la radice in camera umida per alcune settimane (Fig. 34).



Fig. 35 - Apotheci di *Roesleria hypogaea* e micelio di *Armillaria mellea* presenti nella stessa radice

Ciclo della malattia ed epidemiologia

R. hypogaea cresce bene a 10-12°C. Gli apoteci prodotti sulle radici sono prodotti dalla primavera all'autunno e sono costituiti da un gambo bianco di circa 6 mm e da una testa emisferica di color grigio, che vira al marron con l'invecchiamento. A livello della "testa" vengono prodotti abbondanti aschi contenenti ciascuno 8 ascospore globulari di circa 5 μm di diametro.

R. hypogaea è un saprofita opportunistico, che colonizza radici morte o gravemente compromesse. Da queste però il fungo può poi espandersi ed infettare tessuto radicale sano.

Le ascospore possono essere distribuite sia verticalmente, sia orizzontalmente rispetto alla radice, veicolate

da acqua, da animali presenti nel suolo e da tecniche colturali.

Il patogeno può rimanere nel terreno anche parecchi anni sotto forma di spore o di micelio nei residui radicali e causare grossi danni al momento del reimpianto.

Difesa

Poiché non esistono, allo stato attuale, fitofarmaci in grado di controllare la malattia, nei siti dove la malattia è presente, prima di effettuare un nuovo impianto è bene prendere in considerazione le precauzioni consigliate per i marciumi da *Armillaria*, anche perché in alcuni vigneti i due patogeni radicali sono presenti entrambi sulla stessa pianta (Fig. 35).

Rosellinia necatrix

D. Prodorutti

Il marciume radicale causato da *Rosellinia necatrix* è una seria malattia che colpisce un numero elevato di piante erbacee e legnose (soprattutto vite e fruttiferi). È ubiquitario e crea problemi in particolare negli ambienti caratterizzati da un'intensa frutticoltura (Goidanich, 1990).

Le piante colpite presentano vegetazione stentata, clorosi, foglie di dimensioni ridotte, scarsa allegagione, cascola precoce e quindi l'aspetto esteriore è quello di una generale sofferenza e di una perdita di vigoria (Goidanich, 1990).

Oltre a questa forma di deperimento lento, le piante infette dal patogeno possono morire rapidamente (colpo apoplettico), in genere in coincidenza di condizioni ambientali sfavorevoli (siccità, forte caldo estivo, gelate tardive). In questo caso le foglie disseccano e rimangono attaccate ai tralci.

Le piante inoltre possono essere rimosse dal suolo con estrema facilità,

a causa del deterioramento delle radici.

Sull'apparato radicale si trovano i sintomi specifici che permettono di differenziare *R. necatrix* da altri marciumi radicali.

Sulle radici si trova una rete micelica prima bianca e poi bruna costituita da ife intrecciate e rigonfiate (chiamate cordoni); il patogeno non produce rizomorfe vere e proprie come *Armillaria*. Queste strutture sono responsabili della diffusione della malattia attraverso il terreno alle piante vicine (Goidanich, 1990).

Il fungo produce inoltre un abbondante micelio bianco e lanoso sulla superficie delle radici infette (marciume lanoso), sviluppandosi anche attorno alle radici più piccole (Fig. 36) (Pearson e Goheen, 1988).

R. necatrix si sviluppa anche nei tessuti legnosi, in particolare nei raggi midollari, con degli ammassi di micelio, mentre nelle fessurazioni della corteccia produce delle strutture si-



Fig. 36 - Micelio di *Rosellinia necatrix*

mili a sclerozi (struttura quiescente e di resistenza del fungo). Questo sintomo differenzia il marciume lanoso da quello di *Armillaria* dove il micelio è confinato invece tra corteccia e legno.

R. necatrix produce inoltre periteci sferici (strutture derivate dalla ricombinazione sessuale), di color marrone scuro o nero, di 1,5-2 mm di diametro, aggregati in un tessuto costituito da ife e presenti sulla superficie dell'ospite nelle screpolature della corteccia. È in ogni modo difficile rinvenirli poiché lo sviluppo dura parecchi anni.

Questo fungo è un parassita facoltativo che sopravvive nel suolo anche in assenza dell'ospite. Penetra principalmente da ferite, anche se può attaccare direttamente le radici giovani, si localizza poi nella zona sottocorticale degradando il cambio e il floema.

Il principale mezzo di propagazione

è il micelio, e non le spore, che cresce velocemente nei terreni con alta umidità relativa. Alcuni sistemi di irrigazione di conseguenza favoriscono lo sviluppo del fungo. Il patogeno necessita di un alto contenuto di materiale organico da utilizzare come base per il nutrimento, si sviluppa bene ad un pH compreso fra 5,0 e 7,0 e può sopravvivere ad un periodo di prolungata siccità.

È necessario rimarcare che non esistono fitofarmaci in grado di controllare la malattia. È utile limitare l'irrigazione e moderare la fertilizzazione in terreni infetti ed eliminare le piante sofferenti cercando di estirpare tutto l'apparato radicale, anche le radici più piccole.

Si consiglia inoltre di evitare l'impianto di nuovi vigneti o frutteti in aree infette, di lasciare a riposo il terreno per alcuni anni e di effettuare dei cicli di rotazione con specie non suscettibili.

Phytophthora spp.

D. Prodorutti

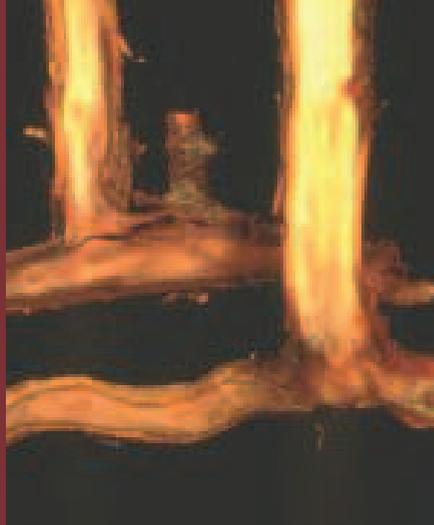


Fig. 37 - Necrosi su radici e colletto di piante infette da *Phytophthora* spp.

Questo patogeno causa marciumi radicali e al colletto su vite e su numerose colture arboree ed erbacee.

Può infettare singole piante o gruppi, principalmente nelle porzioni di vigneto con scarso drenaggio o nei vigneti eccessivamente irrigati.

Generalmente le viti presentano una crescita ridotta e appaiono stentate, le foglie diventano clorotiche e si decolorano prematuramente in autunno.

Nel colletto si sviluppa un cancro che poi si estende solitamente verso le radici, ma può anche crescere verso l'alto, nella prima porzione del tronco.

Tagliando in prossimità del cancro con un coltellino si può notare nella zona sottostante, un'area necrotica bruna o rossastra che interessa anche il tessuto del cambio ed il legno (Figg. 37, 38, 39). A volte la corteccia si distacca lasciando esposti i tessuti legnosi necrotizzati (Pearson e Goheen, 1988).

Con gravi attacchi e se il cancro circonda tutto il colletto, le piante possono collassare e morire rapidamente, ma se le condizioni ambientali migliorano, o la risposta della pianta blocca l'espandersi della lesione, ci può essere una ripresa vegetativa con la generazione di nuovo tessuto e il confinamento del cancro stesso.

Gli agenti causali di questo marciume radicale e del colletto sono diverse specie appartenenti al genere *Phytophthora*, in particolare *P. cinnamomi*, *P. cactorum*, *P. megasperma*, *P. parasitica* e *P. cryptogea*.

Le infezioni di piante sane avvengono maggiormente in primavera con terreno molto umido e basse temperature. Questi marciumi sono favoriti da prolungati periodi di bagnatura e saturazione del suolo perchè queste condizioni favoriscono la disseminazione delle zoospore (spore da riproduzione asessuata capaci di spostarsi in presenza di acqua) e diminuiscono la resistenza dell'ospite (Pearson



Fig. 38 - Imbrunimenti ed arrossamenti di una radice di vite causati da *Phytophthora* spp.

Fig. 39 - Cancro e necrosi nella zona del colletto di una pianta colpita da *Phytophthora* spp.

e Goheen, 1988). Il patogeno può perdurare per diversi anni nel terreno come saprofita sui residui vegetali contaminati. In presenza di un ospite suscettibile la penetrazione avviene principalmente attraverso le ferite. È importante assicurare un corretto bilancio idrico soprattutto nei primi

anni di sviluppo, poiché le viti diventano più resistenti alle infezioni all'aumentare dell'età. Con impianti d'irrigazione a goccia, i gocciolatori dovrebbero essere disposti almeno a 30 cm di distanza dalla pianta in modo da non saturare la regione del colletto.

L'identificazione degli agenti causali dei marciumi radicali della vite



	<i>Armillaria mellea</i>	<i>Rosellinia necatrix</i>	<i>Roesleria hypogaea</i>	<i>Phytophthora spp.</i>
Micelio	Bianco, a ventaglio, tra corteccia e legno, tipico odore di fungo	Bianco, lanoso, dalla superficie della radice fino al legno	Non si nota micelio, nascosto all'interno dei tessuti	Non si nota
Rizomorfe	Cordoni nerastri formati da fasci di ife ricoperte da uno strato protettivo di melanina, molto vigorose	Non produce rizomorfe vere e proprie. Rete micelica prima bianca e poi bruna costituita da ife intrecciate e rigonfiate (cordoni)	Assenti	Assenti
Corpi fruttiferi	In autunno produzione di carpofori alla base del ceppo (chiodini)	Periteci sferici, marrone scuro o nero, di 1.5-2 mm, presenti sulla superficie dell'ospite nelle screpolature della corteccia (è difficile trovarli)	Apoteci, piccole dimensioni (10 mm), piede biancastro, testa polverulenta grigia	Non visibili ad occhio nudo
Sintomi parte aerea	Piante stentate. Foglie piccole, clorotiche, arrossamento o ingiallimento precoce. Grappoli più piccoli, acini spargoli. Tralci non ben lignificati	Vegetazione stentata, clorosi, foglie di dimensioni ridotte, scarsa allegazione, cascola precoce (deperimento lento). Morte rapida (colpo apoplettico): le foglie disseccano e rimangono attaccate ai tralci	Generale perdita di vigoria, tralci non ben lignificati, grappoli con acini piccoli e spargoli, precoce arrossamento (o ingiallimento) autunnale	Crescita ridotta, piante stentate, foglie clorotiche che si decolorano prematuramente in autunno. Con gravi attacchi e se il cancro circonda tutto il colletto, le piante possono collassare e morire rapidamente
Sintomi apparato radicale	Radici più scure, facilmente estraibili, odore di fungo fresco, presenza di micelio e rizomorfe sottocorticali	Abbondante micelio bianco e lanoso sulla superficie delle radici, rete micelica prima bianca e poi bruna. Si sviluppa anche nei tessuti legnosi. Piante rimosse dal suolo con estrema facilità	Radice non facilmente estraibile, non marcescente, assenza di micelio fungino. Uniche indicazioni utili: scarsa presenza di radichette assorbenti, presenza di corpi fruttiferi (apoteci)	Cancro al colletto, poi si estende alle radici. Necrosi bruna o rossastra che interessa anche il tessuto cambiale e il legno. Corteccia che si distacca
Difesa	No fungicidi efficaci. Eliminare piante infette, asportazione accurata dei residui radicali. Riposo terreno per tre anni, rotazioni. Utilizzo di organismi antagonisti e micorrize	No fungicidi efficaci. Limitare l'irrigazione e la fertilizzazione. Evitare il reimpianto di nuovi vigneti. Lasciare a riposo il terreno per alcuni anni. Rotazione colturale con specie non ospiti	Stesse precauzioni consigliate per i marciumi da <i>Armillaria</i>	Assicurare un corretto bilancio idrico soprattutto nei primi anni di sviluppo. Gocciolatori disposti almeno a 30 cm di distanza dalla pianta

Ringraziamenti

Si ringraziano tutte le persone che hanno collaborato alla raccolta dei dati necessari per la stesura del presente libro. In particolare si ringrazia la direzione e i soci della Cantina Rotaliana di Mezzolombardo, Francesco Fellin per la disponibilità e la ricerca dei siti di prova; Marco Sannicolò per l'isolamento e l'identificazione dell'agente causale; Valeria Gualandri, Elisabetta Pellegrini e Valentina De Riva per l'indispensabile contributo nell'effettuazione dei monitoraggi; Antonella Vecchione, Rosaly Zasso e Luca Zulini per la collaborazione in laboratorio; Marco Delaiti per la cartografia, Daniel Riegling (WSL Institut - Birmensdorf, Svizzera) per i test di incompatibilità somatica e tutti i colleghi dell'Unità Operativa Difesa delle colture e selezione sanitaria che hanno collaborato in questo progetto.

Letteratura citata

- De Luca F., Vecchione A., Pergher A., Ropelato E., Oss Papot D., Pertot I., (2002), Possibilità di lotta a *Botrytis cinerea* su piccoli frutti con un formulato a base di *Trichoderma harzianum* (Trichodex®), in *Atti Giornate Fitopatologiche*, Bologna, Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, 2, pp. 255-260.
- De Luca F., Malossini U., Zini M., Pertot I., (2003), Evaluation of grapevine rootstocks for *Armillaria mellea* root rot resistance, in *IOBC-wprs Bulletin*, 26 (8), pp. 91-93.
- De Luca F., Pertot I., (2004), Marciume radicale su mirtillo causato da *Armillaria*, in *Terra Trentina*, 50 (10), pp. 34-40.
- Forgiarini M.N., Raggi S., Casali C., (1993), *Botanica oggi, ambiente, vegetazione, sviluppo*, Bologna, Edizioni Agricole Calderini S.r.l.
- Fox R.T.V., (2000), Cultural methods to manage *Armillaria*, in *Armillaria Root Rot: Biology and Control of Honey Fungus*, Andover, UK, Ed. Roland T.V. Fox, Intercept Limited, pp. 151-171.
- Hagle S.K., Shaw C.G. III, (1991), Avoiding and reducing losses from *Armillaria* Root Disease, in Shaw C.G. III and Kile G.A., *Armillaria Root Disease*, Washington D.C., USDA Eds., Forest Service Agriculture Handbook No. 691, pp. 157-173.
- Goidanich G., (1990), *Manuale di patologia vegetale*, vol. II. Bologna, Edizioni agricole, pp. 581-585.
- Harrington T.C., Wingfield B.D., (1995), A PCR-based identification method for species of *Armillaria*, in *Mycologia*, 87, pp. 280-288.
- Matta A., (1996), *Fondamenti di patologia vegetale*, Bologna, Patron editore, pp 437-439.
- Pearson R.C., Goheen A.C., (1988), *Compendium of grape diseases*, St. Paul, Minnesota (USA), APS press, pp. 35-41.
- Pertot I., De Luca F., Vecchione A., (2002), Influence of microorganism isolation site (leaf and soil) on antagonistic activity against leaf (*Botrytis cinerea*) and root (*Armillaria mellea*) pathogens, in *IOBC-wprs Bulletin*, 25 (10), pp. 363-366.
- Raziq F., (2000), Biological and integrated control of *Armillaria* root rot, in *Armillaria Root Rot: Biology and Control of Honey Fungus*, Andover, UK, Ed. Roland T.V. Fox. Intercept Limited., pp. 183-201.
- Sannicolò M., De Luca F., Fellin F., Pertot I., (2002), Diffusione ed incidenza di *Armillaria mellea* su vite in Trentino, in *Atti Giornate Fitopatologiche*, Bologna, Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, 2, pp. 425-428.
- Vecchione A., De Luca F., Zulini L., Zasso R., Zini M., Pertot I., (2002), Difesa contro i patogeni mediante organismi antagonisti, in *Terra Trentina*, 11, pp 30-34.

Note biografiche

Federica De Luca

Si è laureata a Padova in Scienze Biologiche con il massimo dei voti, presentando la tesi “Analisi della sintenia fra il cromosoma 17 umano e il cromosoma 11 murino”. Dal 2001 lavora presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, nel settore della patologia vegetale. In particolare si è occupata di marciumi radicali causati da *Armillaria mellea* e ha studiato l'evoluzione della malattia nei vigneti della Piana Rotaliana, sperimentando metodi chimici, biologici ed agronomici per il controllo del patogeno.

Daniele Prodorutti

Si è laureato in Scienze Agrarie nel 2002 presso l'Università degli Studi di Udine, discutendo la tesi dal titolo “I pronubi di specie frutticole minori in montagna”. Ha lavorato in seguito presso il Dipartimento di Biologia Applicata alla Difesa delle Piante dell'Università di Udine svolgendo attività di ricerca in campo entomologico e in particolare sull'effetto dell'impollinazione entomofila nella produzione delle principali colture agrarie. Dal 2004 lavora presso l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige dove si occupa di diagnosi ed epidemiologia delle fitopatie dei piccoli frutti con particolare riguardo ai marciumi radicali.

Ilaria Pertot

Dottorato di ricerca in protezione delle colture presso l'Università di Udine, lavora come ricercatrice presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige. Si è occupata di diagnosi ed epidemiologia di malattie da funghi, batteri, fitoplasmii e virus delle piante coltivate. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche sulla peronospora della vite e l'oidio della fragola. È docente del corso di patologia della vite nella laurea in viticoltura ed enologia presso il consorzio interuniversitario Università di Trento, Università di Udine ed Istituto Agrario di S. Michele. Coordina l'unità di ricerca “valutazione del rischio” del Centro SafeCrop, presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige.