

STUDI SASSARESI

Sezione III

1979

Volume XXVII

ANNALI DELLA FACOLTÀ DI AGRARIA DELL'UNIVERSITÀ
DI SASSARI

DIRETTORE: G. RIVOIRA

COMITATO DI REDAZIONE: M. DATTILO - F. FATICHENTI - C. GESSA - L. IDDA
F. MARRAS - A. MILELLA - P. PICCAROLO - A. PIETRACAPRINA - R. PROTA
R. SATTA - G. TORRE - A. VODRET



ORGANO UFFICIALE
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI

GALLIZZI - SASSARI - 1981

St. Sass. III Agr.

Istituto di Patologia vegetale dell'Università di Sassari
Cattedra di Fisiopatologia vegetale

**Indagini sui fenomeni di moria dei pini in Sardegna
con particolare riferimento a *Pinus radiata* D. Don. (*)**

U. PROTA e R. GARAU

PREMESSA

Tra le varie specie di conifere a rapida crescita in via di utilizzazione a fini produttivi industriali, *Pinus radiata* D. Don ha riscosso, anche in Sardegna, un discreto favore interessando, da una decina d'anni a questa parte, aree ecologicamente molto differenziate, talune giudicate in condizioni limiti per la diffusione della coltura (ECCHER, 1968; 1969; GIORDANO, 1977) (1).

Da questi impianti e da altri di minore superficie a partire dal 1973 erano giunte segnalazioni di fenomeni di moria interessanti piante giovanissime di recente trapianto ed altre messe a dimora da più anni. Indagini preliminari (PROTA e GARAU, 1974) avevano indicato la quasi costante presenza nei tessuti alterati delle piante affette del micromicete *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., nella sua forma scleroziale sterile *Sclerotium bataticola* Taub. [= *Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butler.].

(*) Lavoro eseguito con la collaborazione e con il sostegno finanziario della Regione Autonoma della Sardegna — Assessorato alla Programmazione, Bilancio e Assetto del Territorio — Centro Regionale di Programmazione.

Hanno partecipato a parte delle ricerche il Dott. M. Sanna ex allievo dell'Istituto di Patologia vegetale ed il Sig. E. Marongiu, Tecnico del predetto Istituto.

(1) *Pinus radiata* ha la sua area naturale in una superficie di poche migliaia di Ha (SCOTT, 1962; FORDE, 1966), lungo la costa californiana. Nel corso di questo secolo per la sua adattabilità e per le sue notevoli capacità tecnologiche è stata introdotta e diffusa su vaste superfici in molti Paesi dell'emisfero australe ed in qualche regione di quello boreale.

Infezioni di *M. phaseolina* su varie specie di Pino sono note; il fungo induce forme di marciume radicale e del fusto in più di 300 specie erbacee ed arboree, molte delle quali di notevole interesse agrario e forestale (GHAFFAR e ZENTMYER, 1968; REICHERT e HELLINGER, 1947; YOUNG, 1949). In diversi Stati dell'Unione nordamericana, la malattia, nota col termine di *charcoal root-rot*, costituisce un serio problema particolarmente nei vivai di conifere (DAVIS, 1942; FOSTER, 1959; SEYMOUR, 1969; SMITH, 1964a; SMITH e BEGA, 1964). La malattia, sempre limitatamente ai vivai, è stata segnalata anche in Asia (SATO e SHOBI, 1959) ed in Oceania (VAARTAJA e BUMBIERIS, 1967); ad essa risulterebbero suscettibili non meno di 18 specie di *Pinus* L. (DAVIS, 1942; HODGES, 1962; 1963; REICHERT e HELLINGER, 1947; ROWAN, 1960; SMALLEY e SCHEER, 1963; SMITH e BEGA, 1964; SMITH, 1969a; 1969b; VAARTAJA e BUMBIERIS, 1967). Sporadiche, invece, sarebbero le segnalazioni europee (SAREJLANNI *et al.*, 1950); per l'Italia non sembrano esistere segnalazioni della malattia precedenti all'accertamento fatto in Sardegna (PROTA e GARAU, 1974).

Scopo della presente ricerca è stato quello di approfondire le conoscenze sul fenomeno del « marciume carbonioso » in Sardegna; nel presente lavoro vengono riportati i risultati di osservazioni ed indagini condotte dal 1975 al 1978 riguardanti la diffusione e l'intensità della malattia, l'andamento della medesima e la sua evoluzione sintomatologica, la caratterizzazione degli isolati di *M. phaseolina* e l'analisi di alcuni fattori ambientali in rapporto all'instaurazione ed all'evoluzione del processo morboso.

PARTE SPERIMENTALE

1. Indagine di campagna.

Le indagini di campagna volte all'individuazione dei focolai d'infezione di *M. phaseolina*, sono state effettuate prevalentemente nelle piantagioni e nei vivai di varie specie di *Pinus*, appartenenti a differenti Enti pubblici e a diverse Società private operanti in questo settore.

Fenomeni di moria attribuibili all'azione di *M. phaseolina* sono stati osservati, con gradi differenti di diffusione (intesa come estensione locale del fenomeno) ed intensità (intesa come entità di piante colpite in rapporto all'estensione della piantagione), nelle zone e località appresso indicate (vedi anche Fig. 1).

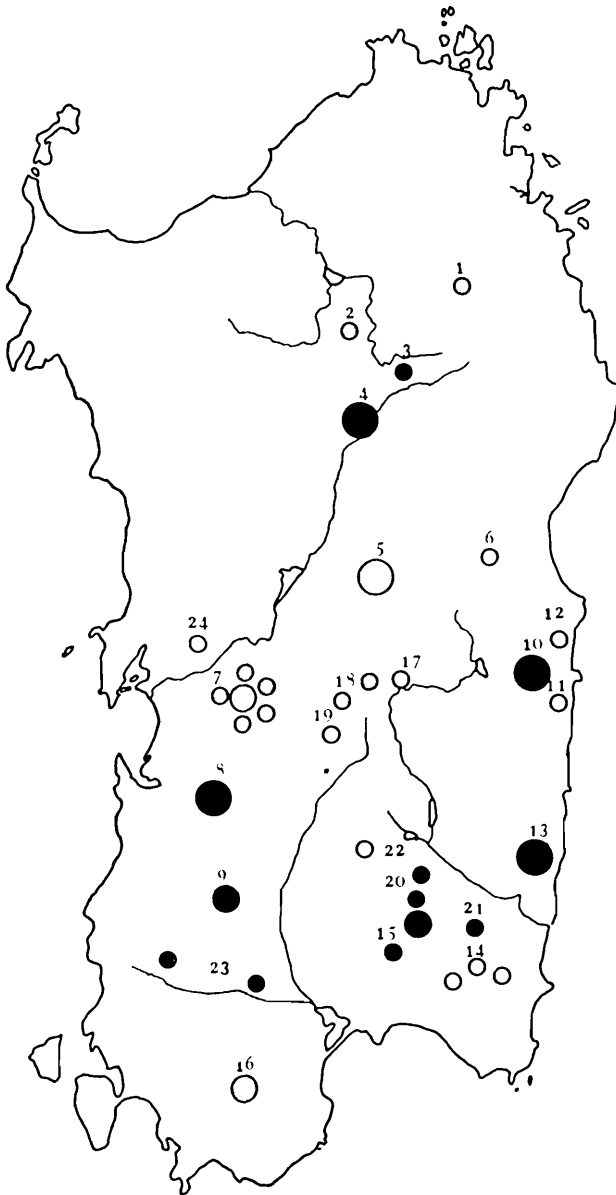


Fig. 1. Distribuzione delle aree forestali dove è stato accertato il « marciume carbonioso » da *Macrophomina phaseolina*. Le dimensioni dei cerchi ed il loro colore (bianco, grigio e nero) indicano, rispettivamente, valori crescenti di diffusione e d'intensità della malattia.

- 1) Area di Alà dei Sardi: *M. phaseolina* è stata accertata su piante languenti e già morte di *P. radiata* nelle piantagioni poco estese della zona; l'intensità del fenomeno ha acquistato caratteri di un certo rilievo solo nell'estate del 1978.
- 2) Area di Oschiri: il disseccamento da *M. phaseolina* ha interessato numerose piante di *P. radiata*, su una superficie d'impianto abbastanza estesa mostrando, come nella precedente località, punte d'intensità consistenti durante la stagione estiva del 1978.
- 3) Area di Buddusò: il fenomeno della moria si è presentato localmente abbastanza intenso; nei vivai della stessa zona *M. phaseolina* è stata isolata da *P. pinea* L. e da *P. halepensis* Mill.
- 4) Area di Bultei: diverse zone delle estese piantagioni di *P. radiata*, segnatamente quelle realizzate nel 1970 e 1971 sono state interessate da consistenti attacchi della malattia. Le piantagioni del 1973 e 1974, su terreni scassati e con la messa a dimora delle piantine a radice nuda hanno sofferto degli attacchi di *M. phaseolina* in minor misura, salvo che nelle zone marginali. Il fenomeno della moria si è ripresentato con una certa intensità nel 1978, dopo una netta flessione registrata nel 1976 e 1977.
- 5) Area di Olzai: i casi di « marciume carbonioso » di *P. radiata* esprimono più una notevole diffusione della malattia piuttosto che una sua alta intensità. Dopo le prime morie registrate negli anni 1974 e 1975, a carico di piante messe a dimora nel 1970 e 1972 su terreni variamente preparati, sono stati registrati nuovi casi di disseccamento, solo durante l'estate del 1978, limitatamente ad un non elevato numero di esemplari messi a dimora nel 1971 e 1972. Nelle piantagioni degli anni successivi, sino al 1976, non sono stati segnalati casi significativi di disseccamento riferibile al marciume da *M. phaseolina*. Durante l'estate del 1978, invece, seppur limitatamente ad alcuni appezzamenti degli impianti del 1975 ed in particolare nelle aree periferiche degli stessi, sono stati osservati ulteriori casi di moria. In questa stessa zona, inoltre, l'alterazione è stata rilevata nei vivai su semenzali e su piantine anche di 16 mesi d'età; oltre che su *P. radiata*, ove il fenomeno era sempre più frequente, la malattia è stata accertata su *P. patula* Schl. et Cham.
- 6) Area di Orgosolo: casi significativi di moria sono stati accertati solo durante l'estate del 1978, in particolare in alcune aree marginali di vari appezzamenti. Osservazioni effettuate su semenzali e plantule di *P. radiata*, in alcuni vivai di recente costituzione, hanno consentito di verificare l'assenza di infezioni attribuibili a *M. phaseolina*.
- 7) Aree di Villaurbana, Mogorella, Allai, Ruinas, Fordongianus, Siamanna e Siapiccia: in rapporto alla vastità delle piantagioni la diffusione della

malattia non è stata elevata; in talune zone, però, l'intensità è stata ragguardevole specialmente durante il periodo estivo-autunnale del 1978, quando si ebbe una notevole recrudescenza del fenomeno, soprattutto nelle aree periferiche di alcuni appezzamenti. In questi ambienti, oltre che su *P. radiata*, sono stati accertati casi di moria di *P. pinaster* Sol.

8) Area di Mogoro: gli attacchi di *M. phaseolina* su *P. radiata* sono stati sempre notevoli; niente, invece, è stato accertato su *P. halepensis*, *P. pinaster* e *P. pinea* pure presenti nello stesso ambiente.

9) Area di Villacidro: in differenti località, nell'ambito di una vasta superficie di rimboschimento pubblico e in epoche differenti, le piantagioni di *P. radiata* sono state oggetto di consistenti attacchi di *M. phaseolina*. Il fenomeno si è evoluto in maniera molto vistosa durante la stagione estiva del 1978. Nessuna altra specie di *Pinus*, eccezion fatta per un esemplare di *P. pinaster*, è stata interessata in pieno campo dall'alterazione in studio. Piantine disseccate di *P. radiata* e *P. nigra* Arn. ssp. *Laricio* (Poir.) Palabini Coste, risultate poi affette da « marciume carbonioso », sono state, invece, osservate nei vivai della stessa zona.

10) Aree di Girasole e Lotzorai: il numero di esemplari di *P. radiata* affette da « marciume carbonioso » è risultato sempre molto alto.

11) Area di Tortolì: le osservazioni hanno riguardato unicamente piantine di varie specie di *Pinus*, prevalentemente *P. radiata*, allevate in vivaio; in diversi appezzamenti e con piante di differente età sono stati accertate frequenti forme di disseccamento attribuibili al « marciume carbonioso »; l'alterazione non raggiungeva, peraltro, mai punte di forte intensità.

12) Area di S. Maria Navarrese: la presenza della malattia su esemplari di *P. radiata* è stata verificata in una modesta piantagione.

13) Aree di Villaputzu e Ierzu: sono qui comprese numerose e vaste piantagioni di *P. radiata*, ove per più anni si sono frequentemente manifestati i fenomeni di moria. I disseccamenti si sono verificati su individui di differente età e per più anni consecutivi tra il 1973 ed il 1975. La diffusione e l'intensità del fenomeno sono state sempre notevoli. Durante la prima fase della moria i fenomeni più intensi si erano verificati nelle piantagioni più vecchie. Nel corso dell'estate del 1978 — dopo una stasi registrata nel precedente biennio, durante il quale si era notata una certa normalizzazione della situazione — i casi di moria si sono ripresentati ed evoluti in maniera crescente, interessando quasi tutte le piantagioni. Gli esami biologici di campioni prelevati da esemplari di *P. radiata* e *P. patula* affette dall'alterazione, hanno confermato la presenza di *M. phaseolina*.

14) Aree di Burcei e Monte Acuto: in queste zone i disseccamenti attribuibili a *M. phaseolina* sono stati accertati solo nel 1978 su un modesto numero

di piante di *P. radiata* in differenti aree soggette a rimboscimento pubblico.
 15) Area di Sinnai: la moria di *P. radiata* ha interessato numerosissimi esemplari in piantagioni pubbliche e private, realizzate, il più delle volte, in terrazzamenti; particolarmente intense erano le manifestazioni su terreni scoscesi.

16) Area di Pula: le osservazioni si riferiscono a piantagioni di *P. radiata* comprese in vaste aree di rimboscimento pubblico; la presenza di piante disseccate con sintomi di « marciume carbonioso » è risultata discretamente elevata.

17) Area di Aritzo: in differenti zone di rimboscimento pubblico e privato, *M. phaseolina* è stata ritrovata associata a deperimenti di *P. radiata* solo durante l'estate del 1978, su giovani piante variamente ubicate, talvolta in zone marginali imperfettamente preparate o con terreno poco profondo. Le piante deperite o già disseccate presentavano i segni dell'infezione soprattutto nei palchi radicali più superficiali. Nello stesso areale *M. phaseolina* è stata accertata su un esemplare di *P. pinaster*.

18) Area di Meana Sardo: in due differenti zone rimboschite, dall'epoca dell'impianto (1976) sino alla stagione estiva del 1978 non erano stati accertati tipici casi di moria da *M. phaseolina*. Durante quest'ultimo periodo, invece, i fenomeni di disseccamento a carico di *P. radiata* sono stati segnalati con una certa frequenza.

19) Area di Laconi: solamente nel 1978 sono stati segnalati casi di moria di un certo rilievo, anche se in forma sporadica e più frequenti in terreni scoscesi.

20) Area di S. Nicolò Gerrei: una vasta piantagione di *P. radiata*, realizzata nel 1974 su gradoni, ha manifestato fenomeni molto vistosi di moria nell'estate 1978; la percentuale di piante interessate nei diversi appezzamenti è risultata elevatissima. L'esame biologico ha confermato la presenza di *M. phaseolina*; questa specie in associazione con *Armillariella mellea* (Vahl.) Pat. è stata isolata da esemplari di *P. pinea*.

21) Area di Villasalto: morie di piante di *P. radiata* (allevata con altre essenze in gradoni) attribuibili a *M. phaseolina*, sono state registrate nel 1978.

22) Aree di Silius e Siurgus Donigala: solo durante l'estate del 1978 sono stati osservati casi di disseccamento da *M. phaseolina* su esemplari di *P. radiata*. In entrambe le zone la moria ha interessato piante di 7-8 anni di età, ma con una differente percentuale.

23) Area del Cixerri: in due differenti piantagioni di rimboscimento pubblico, nel corso dell'estate 1978 si sono verificati cospicui attacchi di *M.*

phaseolina su esemplari di *P. radiata* di 5-6 anni e di dimensioni talvolta ragguardevoli.

24) Area di Zeddiani: alcune piante adulte di una fitta formazione di *P. radiata*, hanno manifestato il tipico disseccamento da *M. phaseolina*; l'intensità è stata sempre bassa. Nei vivai della stessa zona, semenzali di *P. radiata*, *P. halepensis*, *P. pinaster* e *P. pinea* sono risultati, in più occasioni, affetti dal « marciume carbonioso ».

* * *

Nel corso dell'indagine, oltre alle località sopra riportate ne sono state visitate numerose altre dove erano presenti, tra le altre, piantagioni di *P. radiata*; ma in questi casi, come per esempio le pinete del litorale centro-orientale, quelle delle aree rimboschite della costa settentrionale e del massiccio dei « Sette Fratelli » nella parte meridionale, le piantagioni di *P. radiata* di Monte Arci, dell'agro di Macomer, di Sorgono, di Villagrande e di Muravera, sono risultati esenti da affezioni riferibili a *M. phaseolina*.

In queste località ed in altre di minore importanza, la sporadica presenza di piante languenti o disseccate era da attribuire ad attacchi entomatici (in particolare da parte di *Pissodes notatus* Fabr.) e ad altre forme di marciume causate, il più delle volte, dal basidiomicete *A. mellea*, come nel caso di una giovane piantagione di *P. pinea* in agro di S. Nicolò Gerrei.

Inoltre, di un certo rilievo è stata la moria di piante di *P. radiata*, riscontrata in agro di Aritzo e Laconi, conseguente alle compressioni e lacerazioni dei tessuti corticali della parte basale del fusto causate dalle continue oscillazioni cui le piante erano soggette sotto l'azione, spesso impetuosa, del vento. Di solito, in corrispondenza di tali lesioni si avevano delle reazioni cicatriziali che, generalmente, non erano in grado di ripristinare la normalità dei tessuti; pertanto le piante andavano incontro ad un progressivo deperimento che si concludeva con la loro morte.

2. Andamento della malattia ed evoluzione sintomatologica.

Durante l'indagine, che si è svolta nell'arco di più cicli vegetativi annuali si è avuta la possibilità di esaminare numerosissimi esemplari di *P. radiata* in differenti stadi di evoluzione della malattia.

Dall'insieme degli elementi raccolti è parso di poter stabilire che l'infezione ha inizio nelle radichette o, comunque, nelle radici più giovani, da dove si estende alle radici più grosse (Fig. 2a, d) per raggiungere poi il fittone e il colletto (Fig. 2b). Da qui procede ad interessare sia le porzioni

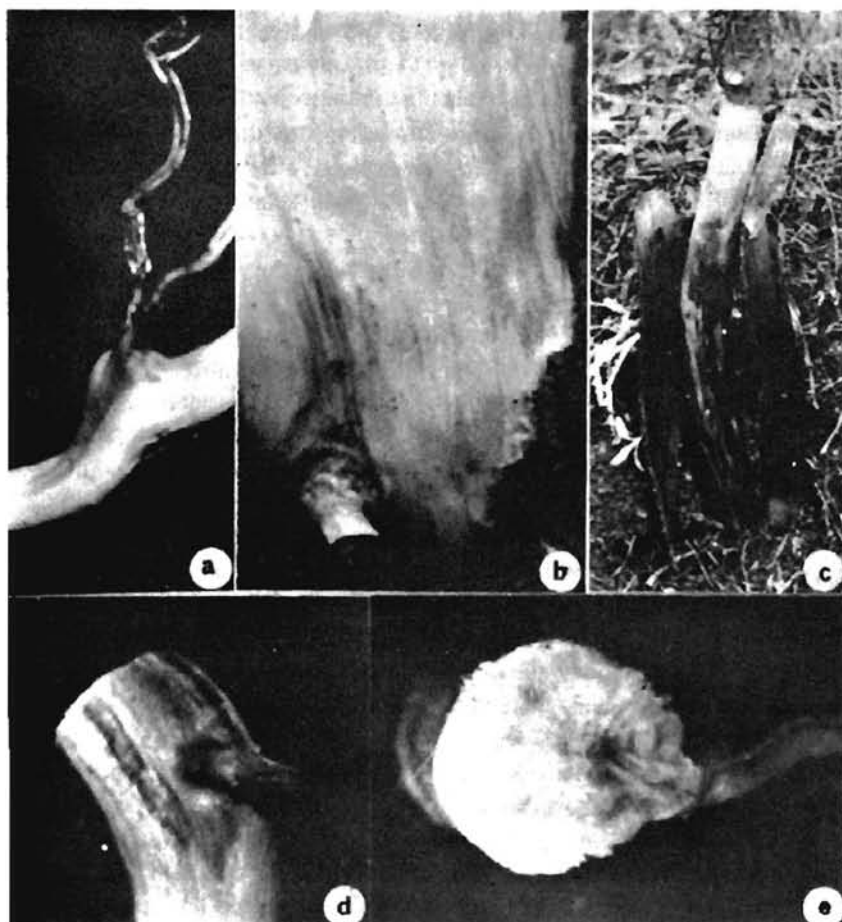


Fig. 2. Evoluzione dell'infezione di *M. phaeolina* su *Pinus radiata*. a) e d), l'infezione è passata dalla radichetta alla radice; b) l'infezione proveniente da una radice superficiale progredisce nel fusto con avanzamento a « fiamma »; c) fase finale dell'infezione sul fusto; e) espansione dell'infezione nei tessuti legnosi della radice.

superiori del fusto, sia l'intera circonferenza (Fig. 2c). Conseguentemente alcune radici ancora indenni possono essere invase a partire dall'inserzione col fittone verso le porzioni distali più sottili. La prima infezione può verificarsi a spese di una sola radice, ma più frequentemente essa si manifesta su un numero maggiore in particolare se superficiali. Nelle radici giovani la corteccia si decompone ed il cilindro legnoso si sfibra in maniera vistosa. Negli organi più vecchi la corteccia si distacca dal legno sottostante che assume un colore bruno molto intenso; questa discolorazione si attenua

quando i tessuti si disseccano. Sulla superficie interna della corteccia e sul legno, sia del fusto sia delle radici, compaiono successivamente le forme di resistenza (microsclerozi) del fungo (Fig. 3b).

La parte epigea della pianta colpita mostra sintomi la cui intensità è quasi sempre correlata alla gravità dell'infezione dell'apparato ipogeo. Si è notato che la sintomatologia della parte aerea può, talvolta, evolversi molto rapidamente facendo assumere alle piante colpite il tipico aspetto di quelle avvizzite. Dai primi sintomi, consistenti in un leggero impallidimento degli aghi e in una tendenza degli stessi ad orientarsi verso il basso, si passa al completo disseccamento, talvolta, nel volgere di poche settimane. Nelle fasi finali della malattia gli aghi acquistano un colore rosso-arancione e poi rosso-bruno tipico del sechereccio e non si distaccano dalla loro sede.

Mediante osservazioni microscopiche di sezioni sottili di radici e fusti di giovani piante di *P. radiata* affette dalla malattia, è stato accertato che le cellule del parenchima corticale si presentano sempre fortemente imbrunite e col plasma coartato; le ife fungine che sono o quasi ialine e sottili o brune e robuste, invadono il tessuto in maniera massiccia diffondendosi sia intercellularmente, sia intracellularmente causando nelle zone d'invasione più vecchie un rapido decadimento. Nelle porzioni di tessuto corticale non decomposto le ife brune e robuste che si trovano nelle parti interne del tessuto, si aggregano e formano degli ammassi scleroziali che si rendono più evidenti al limite col tessuto legnoso. Nel legno il micelio procede sia radialmente, sia longitudinalmente, di preferenza nel tessuto midollare dei raggi; le ife ialine e sottili, già osservate nel parenchima corticale sono poco frequenti e visibili con difficoltà, al contrario di quelle brune e robuste che sono abbondanti e ben evidenti. Da queste ultime si differenziano i microsclerozi che, nei raggi midollari, sono intercellulari, allungati, spesso affusolati e, talvolta, collegati in serie in posizione radiale rispetto alla sezione della radice o del fusto (Fig. 3a, c, d). I microsclerozi sono anche presenti nel parenchima del legno e, con una certa frequenza, nelle tracheidi che vengono raggiunte o mediante la perforazione della parete del vaso o attraverso le punteggiature areolate. Nei vasi i microsclerozi assumono la forma pressoché sferica e sono spesso accompagnati da aggregati delle ife brune. Nelle zone completamente invase dal fungo, i microsclerozi sono in genere uniformemente distribuiti nel tessuto; nelle parti periferiche del legno essi sono o solo parzialmente compenetrati nel tessuto o sono collegati agli strati più esterni tramite un sottile stroma micelico. Microsclerozi sferici e di dimensioni ridotte sono stati osservati all'interno dei canali resiniferi.

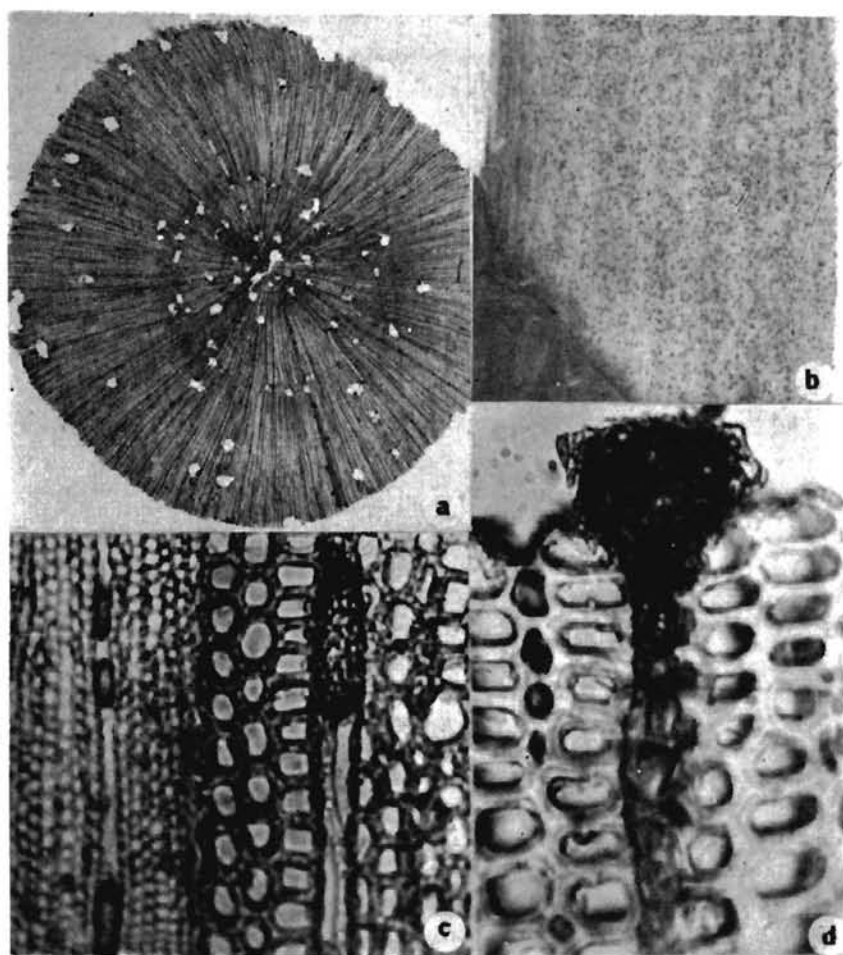


Fig. 3. a) sezione di radice di *P. radiata* infetta da *M. phaseolina*: sono visibili i microsclerozi nel legno; b) microsclerozi sulla superficie del legno; c) e d) microsclerozi differenziatisi all'interno del tessuto legnoso.

Da quanto premesso, salvo qualche eccezione non sostanziale, si desume che il comportamento di *M. phaseolina* nei tessuti di *P. radiata* non è dissimile da quello descritto da altri AA. per differenti specie ospiti (vedi tra gli altri, MACKIE, 1932; SMALL, 1928; MARRAS, 1958; ILYAS e SINCLAIR, 1974). Tale similarità fa supporre che la patogenesi, indipendentemente dalla suscettività dell'ospite e dalle condizioni predisponenti dell'ambiente, sia la stessa e per la quale sia di grande importanza tanto l'azione di enzimi

pectinolitici e cellulolitici (DHINGRA *et al.*, 1974), quanto gli effetti di sostanze fitotossiche liberate dall'agente (DHINGRA e SINCLAIR, 1974).

* * *

Per raccogliere informazioni più particolari e sistematiche sull'andamento della malattia, sono state condotte periodiche osservazioni in un appezzamento di *P. radiata* nell'ambito di una piantagione realizzata nel 1972 dall'Ente Nazionale Cellulosa e Carta in località Perdiana in agro di Mogoro. L'appezzamento, costituito da 900 piante, venne isolato seguendo un criterio di omogeneità tale che lo stesso potesse rappresentare la situazione dell'intera piantagione. Questa, nel gennaio del 1974, si presentava ancora in buone condizioni e con una densità piena (vedi MORANDINI, 1975), ma nell'autunno del 1975 (epoca dei primi rilievi nell'appezzamento campione) già 105 piante (pari all'11,7%) si erano disseccate ed erano state eliminate. Nella primavera successiva (rilievo dell'8 maggio 1976) altre 48 (pari al 6% delle presenti) erano morte, mentre 30 (pari al 3,8%) manifestavano chiari segni di sofferenza. Nel novembre dello stesso anno delle predette 30 piante solo 5 si erano disseccate, 13 mostravano ancora segni di sofferenza, mentre le restanti 12 avevano assunto un aspetto quasi normale. Tale fenomeno si è ripetuto nel 1977, tanto che nella primavera dell'anno successivo tutte le piante inizialmente sofferenti avevano riacquisito un aspetto apparentemente normale; da segnalare però che già a partire da quest'epoca due nuove piante avevano mostrato i sintomi tipici della malattia, sì da far presumere una ripresa dei fenomeni di moria. Infatti, nell'ottobre seguente, dopo un'estate molto calda e particolarmente siccitosa, queste piante, assieme ad altre 8, si erano disseccate, mentre 17 avevano mostrato sintomi di progressivo deperimento.

Questo andamento ha trovato conferme nel comportamento delle piante dell'intera piantagione e di altre in differenti località isolate: infatti, come si è già anticipato, la situazione generale non è stata sostanzialmente diversa da quella verificata nella parcella campione, tanto per quanto concerne le fasi di apparente miglioramento, sottolineate dal netto calo dei fenomeni di disseccamento registrati nel 1976 e 1977, quanto, particolarmente, riguardo le fasi di aggravamento osservate nell'estate del 1978.

3. Isolamento e caratterizzazione degli isolati di *M. phaseolina*.

Come riferito, da ciascuna località dove erano presenti piante sofferenti di Pino, vennero prelevati numerosi campioni consistenti, il più delle volte,

in intere piante che, portate in Laboratorio, vennero sottoposte ad esami biologici.

L'analisi consistette nella localizzazione delle aree infette, nell'individuazione degli organi dai quali l'infezione aveva preso avvio e successivamente, in particolare nelle zone al limite coi tessuti sani, in tentativi d'isolamento degli eventuali agenti crittogamici presenti. Per quest'ultima operazione venne usato un substrato nutritivo a base di decotto di carota glucosato in agar contenuto in ordinari tubi di coltura che vennero poi mantenuti alla temperatura di 25-27° C.

In tali condizioni, quando era presente *M. phaseolina*, le colonie iniziavano a formarsi già 24 ore dopo l'inoculazione differenziando ife sottilissime e ialine che si irraggiavano regolarmente sul substrato. I microsclerozi cominciarono a formarsi a partire dal giorno successivo dal centro della colonia, ricoprendone via via la superficie. Il più delle volte, ai margini della coltura il micelio si ergeva assumendo un aspetto lanoso e un colore prima bianco-grigiastro, poi nettamente grigio.

Generalmente questi caratteri erano comuni a tutti gli isolati e non si discostavano sostanzialmente dalle descrizioni fatte da diversi AA. (vedi tra gli altri GOIDANICH e CAMICI, 1946; REICHERT e HELLINGER, 1947; MARRAS, 1958) ed erano facilmente riconoscibili alla semplice osservazione macroscopica.

Nei casi di sintomatologie tipiche, *M. phaseolina* era l'unica specie isolata, talvolta, però, con essa ne vennero ottenute delle altre appartenenti, principalmente, ai generi *Fusarium* Lk., *Pestalotia* DeNot e *Rhizopus* Ehreimb., ma quasi esclusivamente da piantine provenienti dai vivai. A questo proposito giova ricordare che casi analoghi sono stati segnalati in altri ambienti vivaistici dove la malattia è frequente; inoltre, particolarmente per quanto riguarda la presenza di specie di *Fusarium*, è importante segnalare che all'azione combinata di alcune di queste specie [*F. oxysporum* Schl. e più frequentemente *F. Solani* (Mart.) App. et Wr.] e di *M. phaseolina* viene attribuita una malattia radicale complessa (il cosiddetto « marciume bruno ») distinguibile dal « marciume carbonioso » (a semplice eziologia) anche per alcuni caratteri sintomatologici (vedi HODGES, 1962; 1963; ROWAN, 1971; SEYMOUR, 1969; SMALLEY e SCHEER, 1963; VAARTAJA e BUMBIERIS, 1967).

Poiché, come riferito, non era stata riscontrata alcuna sostanziale differenza tra i caratteri macroscopici dei numerosissimi isolati, si è ritenuto utile condurre alcuni accertamenti preliminari sui caratteri microscopici degli stessi e segnatamente sulla morfologia e sulle dimensioni dei micro-

sclerozi formati in natura ed in coltura. A tal uopo, dagli organi che li presentavano e dalle colonie di alcuni isolati, vennero prelevati e misurati con l'ausilio di un microscopio non meno di 100 microsclerozi. I risultati, riportati nella tabella 1, indicano che le dimensioni, pur nella loro variabilità,

Tab. 1 - *Diametro medio (in μm) dei microsclerozi di M. phaseolina ottenuti in natura da diverse matrici e provenienza e in coltura a differenti temperature.*

Ospite	provenienza	età	in natura	in coltura alla temp. di 25°	di 30°
<i>P. radiata</i> *	pieno campo, Villapuztu	1	65 x 77		
<i>P. radiata</i>	vivaio, Olzai	1.5	89 x 104	92 x 101	86 x 95
<i>P. radiata</i>	vivaio, Tortoli	1	55 x 66		
<i>P. radiata</i>	pieno campo, Villapuztu	3	72 x 92		
<i>P. radiata</i>	pieno campo, Lotzorai	3	73 x 81	76 x 94	88 x 106
<i>P. radiata</i>	pieno campo, Orgosolo	3	64 x 75		
<i>P. radiata</i>	pieno campo, Bultei	4	50 x 56		
<i>P. patula</i>	vivaio, Olzai	1.5	57 x 72		
<i>P. pinaster</i>	pieno campo, Villaurbana	6	76 x 91		

* da piante ottenute per semina diretta.

sono da considerarsi sufficientemente omogenei e tali da consentirci d'includere gli isolati in studio nel gruppo C di Haigh (HAIGH, 1930).

Inoltre, si è ritenuto interessante verificare il comportamento degli stessi isolati nei confronti della temperatura. Come è noto (vedi per es. PAHARIA e SAHAI, 1970; REYNOLDS *et al.*, 1972; SMITH, 1964b; 1966) *M. phaseolina* trova nelle alte temperature le condizioni ottimali per il suo sviluppo; questo fatto è importante poiché, in molte località sarde dove *P. radiata* è stata introdotta e dove, peraltro, si sono manifestati gravi casi di disseccamento, i limiti termici dovrebbero esserle decisamente favorevoli.

L'indagine è stata condotta su 18 isolati, provenienti da differenti località e da matrici diverse; le prove vennero condotte allevando i vari isolati alle temperature di 4°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° e 38° C, e rilevando sia lo sviluppo diametrico del micelio, sia il tempo impiegato alla differenziazione dei primi microsclerozi.

I risultati mostrano che tutti gli isolati saggati trovano le migliori condizioni di sviluppo a temperature superiori ai 25°, con ottimi varianti tra questa temperatura ed i 30°. A queste temperature essi sono in grado

di ricoprire la superficie del substrato entro 72 ore. I caratteri di specie termofila sono stati messi in maggiore evidenza dalla capacità di tutti gli isolati a svilupparsi in maniera notevole alla temperatura di 38° e da una generale lentezza ad accrescersi a temperature inferiori ai 20°. A 10° lo sviluppo è stato sempre ridotto e, talvolta, assente. A 4°, in tutti i casi, non si è avuto alcun sviluppo, ma gli inoculi, mantenuti a questa temperatura per oltre 15 giorni, hanno ripreso a vegetare quando sono stati riportati a gamme di temperatura ottimali.

Per quanto concerne la produzione dei microsclerozi, si è notata una chiara tendenza dei vari isolati a differenziarli più velocemente alle temperature ottimali. Salvo qualche raro caso, i microsclerozi comparvero in maniera massiccia tra le 36 e le 48 ore dalla ripresa vegetativa del micelio e mai prima che lo stesso si fosse sviluppato per un raggio di almeno 15-20 mm, seguendo poi in modo regolare lo sviluppo della colonia.

4. *Analisi di alcuni fattori biologici e ambientali in rapporto all'instaurazione e all'evoluzione del processo infettivo.*

Premesso che *M. phaseolina* è una specie polifaga che trova nelle alte temperature le condizioni ottimali di sviluppo; che numerose specie di Pino sono risultate sensibili alle sue infezioni e che nell'Isola, contrariamente a quanto noto, la malattia si è estesa in maniera vistosa in pieno campo oltre che nei vivai, si è ritenuto necessario effettuare una disamina di alcune situazioni di natura biologica e ambientale per tentare d'individuare possibili fattori influenti sull'infezione e sull'evoluzione della malattia.

Condizioni legate all'agente.

Per spiegare la vasta diffusione della malattia nelle piantagioni erano possibili le seguenti ipotesi:

- a) che l'affezione in pieno campo fosse la conseguenza della messa a dimora di piante già affette o contaminate dall'agente patogeno e ciò sulla base degli accertamenti di *M. phaseolina* in quasi tutti i vivai forestali visitati;
- b) che l'agente potesse essere presente nei semi e dar luogo all'infezione delle plantule dapprima in forma inapparente e successivamente in forma palese, quest'ultima propiziata da favorevoli condizioni allo sviluppo dell'agente medesimo;

c) che l'inoculo fosse presente nei terreni destinati alle piantagioni.

La formulazione delle ultime due ipotesi era sostenuta dalla constatazione che in qualche località dove la piantagione di *P. radiata* era stata eseguita con la semina diretta in campo, le forme di marciume attribuibili a *M. phaseolina* si erano verificate con altrettanta frequenza.

Un'ulteriore verifica sperimentale della prima ipotesi venne effettuata controllando un cospicuo numero di piantine di *P. radiata* provenienti da differenti vivai ed ivi allevate in piena terra o in fitosacco. Esse vennero sollecitamente trapiantate in fitocelle contenenti un substrato composto da terra di bosco e sabbia previamente sterilizzato al calore umido. Dopo circa sei mesi, quando avevano superato la stagione estiva, vennero liberate dalla terra e singolarmente controllate nel loro apparato radicale. I risultati ottenuti dimostrarono la frequente presenza di alterazioni a livello delle radici (delle radichette in particolare) dalle quali venne isolata *M. phaseolina*.

Riguardo alla seconda ipotesi — anche se la trasmissione per seme del fungo, ammessa per alcune specie ospiti (GANGOPADHYAY *et al.*, 1970; NOBLE e RICHARDSON, 1968), non risulta segnalata per nessuna delle specie di Pino suscettibili a *M. phaseolina* — si tentata una verifica istituendo in Laboratorio ed in serra alcune prove con campioni di semi (prevalentemente di *P. radiata*, ma anche di *P. caribaea*, *P. Elliottii* e *P. patula*) ottenuti da forniture commerciali e usati per le semine in vivaio e per quelle dirette in pieno campo.

Con una prima prova, i semi delle diverse specie e di differenti provenienze vennero incubati in piastre Petri e su substrato nutritivo agarizzato, sino alla loro germinazione; con una seconda prova, invece, i semi vennero seminati in vaso o in terrine contenenti una composta di terra di bosco e sabbia previamente sterilizzata al calore umido. In entrambe le prove vennero usati non meno di 1.000 semi.

Da tali saggi, in nessun caso, venne isolata *M. phaseolina*, anche se dalle prove in piastra si svilupparono sempre abbondanti vegetazioni fungine riferibili a specie saprofite (*Rhizopus* nella maggioranza dei casi) aventi origine unicamente dal tegumento del seme.

La verifica della terza ipotesi prese spunto dal fatto ben noto che *M. phaseolina* ha nella sua vasta gamma di ospiti anche piante spontanee (vedi REICHERT e HELLINGER, 1947); si ritenne, quindi, molto interessante accertare se nelle varie località, tra le diverse essenze della vegetazione spontanea non completamente eliminata con l'impianto di *P. radiata*, ve ne fosse qualcuna soggetta a forme di disseccamento riferibile al « marciume carbonioso » o, comunque, risultasse ospite di *M. phaseolina*.

I tentativi non risultarono vani, poiché l'esame di numerose specie erbacee ed arbustive (lentisco, timo, erica, lavanda, cisto e corbezzolo), ha consentito di mettere in evidenza, in diverse piante languenti di *Cistus monspeliensis* L. i sintomi caratteristici del « marciume carbonioso » e di isolare dalle parti alterate del fusto e della radice *M. phaseolina*.

Questi ritrovamenti dimostrano la presenza dell'agente nelle aree d'impianto, ammettono la possibilità che piante sane e suscettibili di Pino, introdotte per trapianto o per semina diretta, possano contrarre in loco l'infezione. Ciò, particolarmente, considerando che *C. monspeliensis* è sempre altamente rappresentato in tutti gli ambienti isolani (2).

Condizioni legate all'ambiente.

Accertato che le piante di *P. radiata* possono giungere contaminate dai vivai ed ammesso che le stesse possono contrarre l'infezione direttamente nelle zone d'impianto, si deve aggiungere che tali condizioni, pur importanti, non sono sufficienti da sole a spiegare la variabile intensità degli attacchi registrate in epoche differenti nei diversi ambienti. Certamente altri fattori, verosimilmente di natura ambientale, hanno creato situazioni favorevoli all'evoluzione del processo infettivo.

Sulla base delle informazioni assunte durante l'indagine e dei rilievi diretti eseguiti nei diversi ambienti, si ha ragione di ritenere che alcuni dei fattori concorrenti al fenomeno della moria debbano essere ricercati tanto nelle differenti tecniche applicate nella messa a dimora delle piante, quanto preminentemente nelle condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato questi ultimi anni.

In riguardo al primo punto si è notato che le piante poste a dimora col fitosacco — specie quelle non più giovanissime, l'apparato radicale delle quali si era sviluppato anormalmente, dando luogo alla formazione di un serrato groviglio di radici di differenti dimensioni — sono andate incontro, più facilmente di altre, ai fenomeni di disseccamento ed hanno mostrato in elevata percentuale i sintomi del « marciume carbonioso ». È presumibile che dette piante per la limitata espansione dell'apparato radicale

(2) Nel quadro di queste ricerche e nel tentativo di accertare direttamente la presenza di *M. phaseolina* nel suolo, sono state avviate alcune indagini preliminari per mettere in evidenza, per via diretta ed indiretta, le sue forme di resistenza. Di tali studi verrà riferito in altra sede.

abbiano risentito con maggiore intensità, specialmente in concomitanza di periodi siccitosi estivi, degli stati di *stress* idrico, favorendo, nei casi di individui già contaminati, la rapida e massiccia invasione di *M. phaseolina*.

Inoltre, nelle zone dove l'impianto venne eseguito con piante a radice nuda, una maggiore intensità delle manifestazioni della malattia è stata notata tra le piante messe a dimora in terreni di zone gradonate o in suoli preparati mediante rippature, rispetto a quelle trapiantate in terreni profondamente scassati. Anche in questa circostanza sembra di poter intravedere, in ultima analisi, situazioni predisponenti analoghe alle precedenti.

Queste notizie, come premesso, sono state raccolte e verificate direttamente nelle zone d'impianto ma, purtroppo, in moltissimi casi non è stato possibile quantificarle, sia perché molte piante disseccatesi prima dell'inizio dell'indagine erano state eliminate, sia perché le tecniche giudicate non idonee sono state successivamente abbandonate.

Queste considerazioni acquistano un maggior significato se correlate all'andamento climatico-meteorico, specialmente nelle piantagioni poste al limite o addirittura al di fuori dell'areale ecologico indicato per *P. radiata* (ECCHER, 1968).

È stato già detto che la temperatura è uno dei principali fattori che favoriscono l'evoluzione di *M. phaseolina*: è ragionevole pensare, quindi, che negli ambienti dove si sono manifestati in maniera più grave i fenomeni di moria, la temperatura, specie durante l'estate, si sia mantenuta entro limiti favorevoli allo sviluppo del micete, creando delle condizioni propizie all'infezione radicale. Ma tale aspetto non sarebbe stato sufficiente se, in pari tempo, non si fossero sommate altre situazioni aventi effetti significativi sul rapporto ospite-parassita e, conseguentemente, sul progresso della malattia. In questo contesto è da ritenere fondamentale l'influenza esercitata dall'umidità dell'ambiente e, in particolare, quella del suolo.

In numerosi Paesi, prevalentemente delle regioni calde e con ospiti di *M. phaseolina* differenti dalle specie di Pino finora menzionate, le situazioni di *stress* idrico, conseguenti a prolungati periodi di siccità estiva, vengono considerate più importanti di quelle, parimenti non trascurabili, derivanti dall'azione predisponente dell'alta temperatura (vedi CHENG e TU, 1972; EDMUNDS, 1964; GHAFAR e ERWIN, 1969; NORTON, 1953; RAD e MUKERJI, 1972) che, tra l'altro, concorre ad esaltare lo stato di sofferenza delle piante, già provate dalla perdurante deficienza idrica. La concomitanza di questi due fattori costituirebbe la situazione più favorevole alla malattia: da un lato l'alta temperatura stimolerebbe lo sviluppo del fungo, dall'altro la deficienza idrica ridurrebbe il vigore della pianta e ne indurrebbe, a

livello di organi suscettibili (radichette, in particolare), uno stato di maggiore recettività nei confronti del patogeno.

Una verifica indiretta di queste situazioni è stata effettuata correlando l'andamento meteorico (essenzialmente l'entità delle precipitazioni dei mesi estivi) del periodo 1973-1978 con l'andamento del fenomeno di moria di piante attribuibili al « marciume carbonioso ». A questo riguardo occorre ricordare che la malattia si è manifestata in maniera vistosa ed in progresso sino all'anno 1975, nel 1976 ha mostrato una netta flessione che si è confermata nel 1977, e che a partire dall'estate del 1978 si è ripresentata con rinnovata intensità in tutti gli ambienti.

Rapportando queste indicazioni con la lunghezza dei periodi siccitosi degli stessi anni (vedi Tab. 2), appare molto verosimile che le infezioni

Tab. 2 - *N. di giorni consecutivi senza pioggia e includenti giorni piovosi, ma con precipitazioni inferiori ai 10 mm, registrati in tre piantagioni di P. radiata, dal 1973 al 1978.*

Località	anno	senza pioggia	con giorni piovosi, ma con precipitazioni complessive inferiori a 10 mm		mesi interessati
			totale giorni	giorni piovosi	
Bultei	1973	53	87	4	L-A
	1974	72 + 5 ¹	133	2	M-G-L-A
	1975	73	82	1	G-L-A
	1976	42	42	0	L-A
	1977	35	49	2	G-L
	1978	87	88	1	M-G-L-A
Olzai	1973	31	59	2	L-A
	1974	72 + 29 + 22	125	2	M-G-L-A
	1975	72	83	1	G-L-A
	1976	46	46	0	L-A
	1977	46	59	2	L-A-S
	1978	52	84	4	G-L-A
Orgosolo	1973	38 + 17	66	5	G-L-A
	1974	72 + 5 ⁸	142	1	M-G-L-A-S
	1975	59	83	2	G-L-A
	1976	46	46	0	L-A
	1977	56	56	0	G-L
	1978	83	106	2	M-G-L-A-S

di *M. phaseolina* o, comunque, la loro evoluzione con effetti letali, particolarmente su *P. radiata*, abbiano progredito in rapporto diretto alla durata dei su menzionati periodi di siccità.

* * *

In definitiva, l'entità dei dati e degli elementi raccolti durante l'indagine e discussi in questa nota sono molto significativi, ma non debbono essere considerati conclusivi ai fini della completa conoscenza del complesso fenomeno del « marciume carbonioso » dei Pini, specialmente di *P. radiata*, in Sardegna.

Molti aspetti della malattia, in particolare quelli relativi al rapporto ospite-parassita e alla possibile influenza di fattori esterni di varia natura (biotica e abiotica) quali cause favorenti l'infezione e la sua successiva evoluzione sino a produrre effetti letali, meritano un adeguato approfondimento. Per verificare sperimentalmente alcuni di tali aspetti, segnatamente quelli concernenti la patogenicità dei diversi isolati di *M. phaseolina* ed i differenti stati di recettività dell'ospite in rapporto alle variabili condizioni dell'ambiente (principalmente temperatura e umidità) sono state programmate, ed in parte già eseguite, appropriate indagini i risultati delle quali saranno resi noti in altra sede.

* * *

Le presenti indagini sono state facilitate dalla fattiva collaborazione di Enti ed Istituzioni pubbliche e private interessate al problema. Pertanto, ai Direttori ed ai Tecnici degli Ispettorati Ripartimentali delle Foreste delle quattro province isolate e di quello Distrettuale Autonomo di Tempio Pausania, delle Aziende delle Foreste Demaniali della Regione Autonoma della Sardegna, dell'Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, sezione di Oristano, e della Società P. D. L. e Marsilva di Cagliari, va un sentito ringraziamento.

RIASSUNTO

Vengono riportati i risultati di un'indagine, svolta in Sardegna dal 1975 al 1978, su frequenti casi di moria verificatisi a carico di varie specie di *Pinus* L. e di *P. radiata* D. Don in particolare. Ricerche preliminari avevano accertato la quasi costante associazione di *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. alle piante affette.

Le indagini, condotte nella maggior parte delle aree forestali, hanno permesso d'individuare 24 zone dove piantagioni di *P. radiata* di differenti età sono state oggetto di tali alterazioni e dove costantemente è stata segnalata la presenza del fungo. Nei diversi ambienti le manifestazioni sono state molto varie facendo registrare valori di diffusione e di intensità da

piuttosto esigui e localmente anche molto elevati. L'alterazione è stata riscontrata anche nei vivai. In complesso, oltre che su *P. radiata*, che è risultata la specie maggiormente interessata, la malattia è stata accertata, in forma sporadica, su *P. pinea* L., *P. halepensis* Mill., *P. patula* Schl. et Cham., *P. pinaster* Sol. e *P. nigra* Arn. ssp. *Laricio* (Poir.) Palabini Coste.

Osservazioni di campagna e di laboratorio hanno permesso di definire l'andamento dell'infezione, l'evoluzione sintomatologica della malattia ed alcuni aspetti microscopici dei tessuti alterati; mentre sopralluoghi periodici nelle diverse piantagioni e osservazioni particolari su parcelle campione hanno evidenziato una prima fase acuta della malattia che si è esaurita entro il 1975, una fase di stasi nel successivo biennio ed una considerevole ripresa del fenomeno nel 1978.

Studi volti all'isolamento e alla caratterizzazione degli isolati di *M. phaseolina* hanno dimostrato la quasi costante presenza del fungo negli organi alterati (talvolta in associazione con altre specie fungine). I numerosi isolati ottenuti sono risultati sostanzialmente non differenti tra di loro, anche in riguardo al loro comportamento nei confronti della temperatura, ed hanno confermato i caratteri della specie tendenzialmente termofila. Per alcuni aspetti morfologici gli isolati in studio possono essere ascritti al tipo C di Haigh.

Un'analisi di alcuni fattori biologici ed ambientali — per tentare d'individuare situazioni favorevoli e predisponenti l'infezione, in parte verificate mediante osservazioni di campo e saggi di laboratorio — ha consentito di stabilire che la comparsa della malattia in pieno campo può essere attribuita sia all'introduzione dai vivai di piantule già infette, sia all'infezione diretta in loco stante l'accertamento di *M. phaseolina* su cisto nelle aree d'impianto. I semi di differenti specie di pino sono risultati esenti da infezioni o contaminazioni dell'agente patogeno. Alcuni sistemi d'impianto della conifera sembrerebbero favorire l'evoluzione della malattia e ciò in connessione a condizioni climatiche — da un lato favorevoli allo sviluppo del micete (temperatura elevata) e dall'altro sfavorevoli alle piante (prolungati stati di stress idrico) — che esalterebbero il processo infettivo di *M. phaseolina*.

SUMMARY

Mortality in *Pinus* sp. in Sardinia — in particular, *P. radiata* D. Don — was investigated between 1976 and 1978. Preliminary studies had revealed an association between *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (the causal agent of charcoal root rot disease) with affected plants.

The disease occurred on plants of different ages in 24 of the main *P. radiata* plantations and nurseries. In every case, the presence of *M. phaseolina* was confirmed. The disease varied in spread and severity from rather low to very high values. It was also recorded on *P. pinea* L., *P. halepensis* Mill., *P. patula* Schl. et Cham., *P. pinaster* Sol. and *P. nigra* Arn. ssp. *Laricio* (Poir.) Palabini Coste.

The occurrence of infection, the symptomatological progress of the

disease and microscopic characteristics of affected tissues were investigated both in the field and in the laboratory. Data concerning the incidence of disease — which first became serious in 1975, showed a low value in 1976 and 1977 and increased again in 1978 — were obtained by field observation and trials in experimental plots.

Several strains of *Macrophomina phaseolina* were isolated from affected plants. They were very similar morphologically and in their temperature responses. Regarding microsclerotia size, these strains can be included in Haigh's « C-type ».

Environmental factors favouring the development of the disease were investigated. Analysis revealed that the occurrence of disease in the field can be attributed both to affected plants having come from nurseries and to direct infection due to presence of *Cistus monspeliensis* in the planting area.

Seeds of other *Pinus* species were disease-free. Some planting systems appear to favour the development of the disease in certain climatic conditions. In particular, a combination of high temperature and prolonged periods of water stress increase infection with *M. phaseolina*.

BIBLIOGRAFIA

- CHENG Y.M. e TU C.C., 1972 — Effects of host variety, plant maturity and soil moisture on the severity of *Macrophomina* stem rot of jute. *Journ. Taiwan. Agric. Res.*, 21, 273-279.
- DAVIS S.H., 1942 — *Sclerotium bataticola*, a cause of damping-off in seedling conifers. *Science*, 95, 2456, 70.
- DHINGRA O.D., SCHNEIDER R.W. e SINCLAIR J.B., 1974 — Cellulolytic and pectolytic enzymes associated with virulent and avirulent isolates of *Macrophomina phaseolina* in vitro and in soybean seedlings. *Phytopath. Zeit.*, 80, 324-329.
- DHINGRA O.D., e SINCLAIR J.B., 1974 — Isolation and partial purification of a phytotoxin produced by *Macrophomina phaseolina*. *Phytopath. Zeit.*, 80, 35-40.
- ECCHER A., 1968 — Limiti ecologici e possibilità di diffusione del *Pinus radiata* in Sardegna. *Cellulosa e Carta*, 19 (10), 20-26.
- ECCHER A., 1969 — Limiti ecologici e possibilità di diffusione del *Pinus radiata* in Italia. *Cellulosa e Carta*, 20 (5), 7-20.
- EDMUNDS L.K., 1964 — Combined relation of plant maturity, temperature and soil moisture to charcoal stalk rot development in grain sorghum. *Phytopathology*, 54, 514-517.
- FORDE M.B., 1966 — *Pinus radiata* in California. *New Zeland Journ. For.*, 11 (1), 20-42.
- FOSTER A.A., 1959 — Nursery diseases of southern pines. *For. Pest. Leaflet. U.S. Dept. Agric.*, 32, 7 pp.
- GANGOPADHYAY S., WYLLIE T.D. e LUEDDERS V.D., 1970 — Charcoal rot disease of soybean transmitted by seed. *Plant Dis. Repr.*, 54, 1088-1091.
- GHAFFAR A. e ERWIN D.C., 1969 — Effect of soil water stress on root rot of cotton caused by *Macrophomina phaseoli*. *Phytopathology*, 59, 795-797.
- GHAFFAR A. e ZENTMYER G.A., 1968 — *Macrophomina phaseoli* in some new weed hosts in California. *Plant. Dis. Repr.*, 52, 223.
- GIORDANO E., 1977 — La disponibilità di materie prime per l'industria delle paste da carta nell'Italia centro-meridionale. *Cellulosa e Carta*, 28 (1), 25-36.
- GOIDANICH G. e CAMICI L., 1946 — Un parassita microscleroziale del tipo *Sclerotium* (*Rhizoctonia*) *bataticola* Taub., presente in Italia. *Ricerca scient.*, 16, 1655-1658.
- HAIGH J.C., 1930 — *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ashby and *Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butler. *Ann. Roy. Bot. Gard., Peredenya*, 11, 3, 213-249.
- HODGES C.S., 1962 — Black root rot of Pine seedlings. *Phytopathology*, 52, 210-219.

- HODGES C.S., 1968 — Black root rot of Pine, *Phytopathology*, 53, 1132-1134.
- ILYAS M.B. e SINCLAIR J.B., 1974 — Effects of plant age upon development of necrosis and occurrence of intraxylem sclerotia in soybean infected with *Macrophomina phaseolina*. *Phytopathology*, 64, 156-157.
- MACKIE W.W., 1932 — A hitherto unreported disease of maize and beans. *Phytopathology*, 22, 637-644.
- MARRAS F., 1958 — Il « disseccamento precoce » della canapa causato da *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Studi sass., sez. III Agr.*, 6, 153-171.
- MORANDINI R., 1975 — Impianti dimostrativi di conifere eseguite dall'E.N.C.C. dall'anno 1970 all'anno 1974. *Cellulosa e Carta*, 26 (2).
- NOBLE M. e RICHARDSON M.J., 1968 — An annotated list of seed-borne diseases. *Phytopath. papers*, n. 8.
- NORTON D.C., 1953 — Linear growth of *Sclerotium bataticola* through soil. *Phytopathology*, 43, 633-636.
- PAHARIA K.D. e SAHAI D., 1970 — Effect of temperature on the viability of *Macrophomina phaseoli* from potato. *Indian J. Microb.*, 10, 107-110.
- PROTA U. e GARAU R., 1974 — Il « marciume radicale carbonioso » di *Pinus radiata* D. Don in Sardegna. *Boll. Soc. Sarda Sci. Naturali*, 12, 133-138.
- RAD W.R. e MUKERJI K.G., 1972 — Studies on the charcoal rot disease of *Abelmoschus esculentus*. I. Soil host parasite relationship. *Trans. Mycol. Soc. of Japan*, 13, 265-274.
- REICHERT I. e HELLINGER E., 1947 — On the occurrence, morphology and parasitism of *Sclerotium bataticola*. *Palestine J. Bot.*, 6, 107-147.
- REYNOLDS P.E., SMITH W.H. e JENSEN K.F., 1972 — Influence of constant and fluctuating temperatures on the growth of *Macrophomina phaseoli*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 58, 512-515.
- ROWAN S.J., 1960 — The susceptibility of twenty-three tree species to black root rot. *Plant Dis. Repr.*, 44, 646-647.
- ROWAN S.J., 1971 — Soil fertilization, fumigation and temperature effect severity of black root rot of slash pine. *Phytopathology*, 61, 184-187.
- SAREJANNI J.A., DEMETRIADES S.D. e ZACHOS D.D., 1950 — Rapport sommaire sur les maladies des plantes cultivées en Grèce en 1948-49. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki*, 4, 5-7.
- SATO K. e SHOJI T., 1959 — Sclerotial root-rot of coniferous seedlings caused by *Sclerotium bataticola* Taub. *Bull. For. Exp. Sta. Meguro*, 111, 51-72.
- SCOTT C.W., 1962 — Le pin de Monterey. F.A.O., Roma.
- SEYMOUR C.P., 1969 — Charcoal rot of nursery grown pines in Florida. *Phytopathology*, 59, 89-92.
- SMALL W., 1928 — *Rhizoctonia bataticola* as a cause of root disease in the tropics. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 13, 40-68.
- SMALLEY G.W. e SCHEER R.L., 1963 — Black root rot in Florida sandhill. *Plant Dis. Repr.*, 47, 669-671.
- SMITH R.S., 1964a — Effect of diurnal temperature fluctuations on linear growth rate of *Macrophomina phaseoli*, in culture. *Phytopathology*, 54, 849-852.
- SMITH R.S., 1964b — Epidemiology and host parasite relation in the charcoal root disease of sugar pine. *Diss. Abstr.*, 24, 3489.
- SMITH R.S., 1966 — Effect of diurnal temperature fluctuations on the charcoal root disease of *Pinus lambertiana*. *Phytopathology*, 56, 61-64.
- SMITH R.S. Jr. e BEGA R.W., 1964 — *Macrophomina phaseoli* in the forest tree nurseries of California. *Plant Dis. Repr.*, 48, 206.
- SMITH W.M., 1969a — Comparison of mycelial and sclerotial inoculum of *Macrophomina phaseoli* in the mortality of pine seedlings under varying soil conditions. *Phytopathology*, 59, 379-382.
- SMITH W.M., 1969b — Germination of *Macrophomina phaseoli* sclerotia as affected by *Pinus lambertiana* root exudate. *Can. J. Microbiol.*, 15, 1387-1391.
- VAARTAJA D. e BUMBIERIS M., 1967 — Organisms associated with root rots of conifers in South Australian nurseries. *Plant Dis. Repr.*, 51, 473-476.
- YOUNG P.A., 1949 — Charcoal rot of plants in East Texas. *Bull. Texas Agric. Exp. Sta.*, 712, 33 pp.