

Un anno di indagini
nel Promontorio di Monte Argentario

L'effetto dell'incendio sulla micoflora del suolo

GIUSEPPE MASSARI - ANTONELLA BARTOLI

La conseguenza più evidente di un incendio è la distruzione della copertura vegetale. Questo, tuttavia, non è l'unico danno che si verifica poiché altre componenti dell'ecosistema, in misura maggiore o minore a seconda dell'intensità, risultano compromesse dal passaggio del fuoco.

Fig. 1 - Una delle aree di studio di Monte Argentario fotografata una settimana dopo l'incendio del 1931. Questa zona è stata scelta data la contiguità fra la vegetazione bruciata (le parti più scure) e quella non bruciata utilizzata come campione di riferimento.



Il comportamento e l'intensità dell'incendio sono condizionati, principalmente, dalla situazione meteorologica, dal tipo di vegetazione, dalla biomassa accumulata (lettiera e detriti), dall'umidità del suolo e della vegetazione. Si distinguono diversi tipi di incendi. I forestali americani li hanno praticamente riuniti in tre categorie basate sulla localizzazione e sulla intensità. Ci sono incendi: 1) di superficie, 2) di sommità o di chioma, 3) di profondità. Gli incendi di superficie, che possono verificarsi sia in una prateria che in una foresta, sono quelli meno distruttivi. Gli incendi alti di sommità o di chioma, i «crown fires» dei forestali americani, sono quelli che coinvolgono le parti più alte degli alberi; sono, per definizione, incendi che interessano esclusivamente la vegetazione forestale. Gli incendi bassi e profondi, detti anche incendi del suolo, sono stati definiti da VOGL (1974) «agenti regressivi» a causa dell'azione di arretramento che riescono a provocare. Un incendio di questo tipo in una prateria può agire anche su strati molto profondi del suolo, provocando inconvenienti destinati a protrarsi per lungo tempo. Gli incendi profondi sono molto dannosi non solo per gli organi ipogei come le radici, i tuberi e i rizomi dai quali dipende la riemissione dei nuovi getti, ma anche per la microflora, la fauna e, in campo non biotico, per la componente chimico-fisica del suolo.

L'effetto che un incendio riesce a provocare dipende dalla sua intensità che dipende, a sua volta, dal calore prodotto, dalla quantità di «combustibile» a disposizione (la materia organica incendiabile), dalla velocità di diffusione. WAKIMOTO (1977a) ha simbolizzato tali correlazioni nel modo seguente:

$$I = H \times W \times R,$$

dove I = intensità ($\text{kcal sec}^{-1} \text{m}^{-1}$), H = calore prodotto (kcal g^{-1}), W = disponibilità di materia organica incendiabile (g m^{-2}) e R = velocità del vento (m sec^{-1}). Vi sono fattori che influenzano il calore prodotto H , quali la composizione chimica (una foresta di conifere aghifoglie o una di latifoglie) e le caratteristiche fisiche (il «volume» o il grado di compattazione della lettiera). Nella fig. 1 sono riportati da WAKIMOTO (1977b) alcuni fattori che determinano il comportamento dell'incendio.

Dopo questa premessa di carattere generale veniamo ora all'argomento delle nostre ricerche che, come indicato nel titolo, riguarda la micoflora del suolo. Noi abbiamo cominciato ad occuparci del post-incendio dopo l'estate del 1981 quando, nel Promontorio di Monte Argentario, furono distrutti circa 1.600 ettari di vegetazione naturale e coltivata (questo incendio si potrebbe considerare di seconda categoria). In quell'occasione abbiamo avviato delle indagini per definire la successione delle popolazioni di microfunghi che ricolonizzano i suoli sottoposti ad incendio. Disponendo ora di un certo numero di osservazioni e di dati abbiamo provato a tracciare un breve bilancio del lavoro fin qui svolto, confrontando i nostri risultati — il cui carattere preliminare va tenuto presente — con quelli di ricercatori e studiosi che hanno svolto indagini sul comportamento dei funghi dopo l'incendio. In considerazione poi della presenza dominante di funghi di Monte Argentario nelle aree bruciate del chaparral californiano è sembrato opportuno fare un accenno alle affinità micologiche fra questi due ambienti. Il chaparral è un tipo di vegetazione della provincia californiana a clima mediterraneo, fisionomicamente simile alla nostra «macchia»: per tradizionali consuetudini gestionali viene periodicamente sottoposto ad incendio, è una delle «communities maintained by fire».

La letteratura sugli effetti ecologici degli incendi della vegetazione è stata rivista per la prima volta nel 1960 da I. F. e C. E. Ahlgren. Nella parte di questa «review» dedicata alle conseguenze del fuoco sugli organismi è contenuto un breve paragrafo sui funghi che si conclude con l'affermazione dell'inesistenza, a quell'epoca, di studi attendibili sulla influenza del fuoco sui microfunghi del suolo. Erano certo più note, in quel periodo, le osservazioni relative alla presenza delle abbondanti fruttificazioni caratteristiche di alcuni funghi, come i Discomiceti, a seguito di un incendio. Certe specie non erano mai state osservate in suoli non incendiati e ciò spiegava i loro stessi nomi come, ad esempio, *Pyronema*. In tempi più remoti, SEAVER (1909) aveva definito questo gruppo di funghi «Discomiceti pirofili». Anni dopo l'austriaco MOSER (1949) ha studiato in alcune zone del Tirolo l'effetto dell'incendio su funghi, briofite e

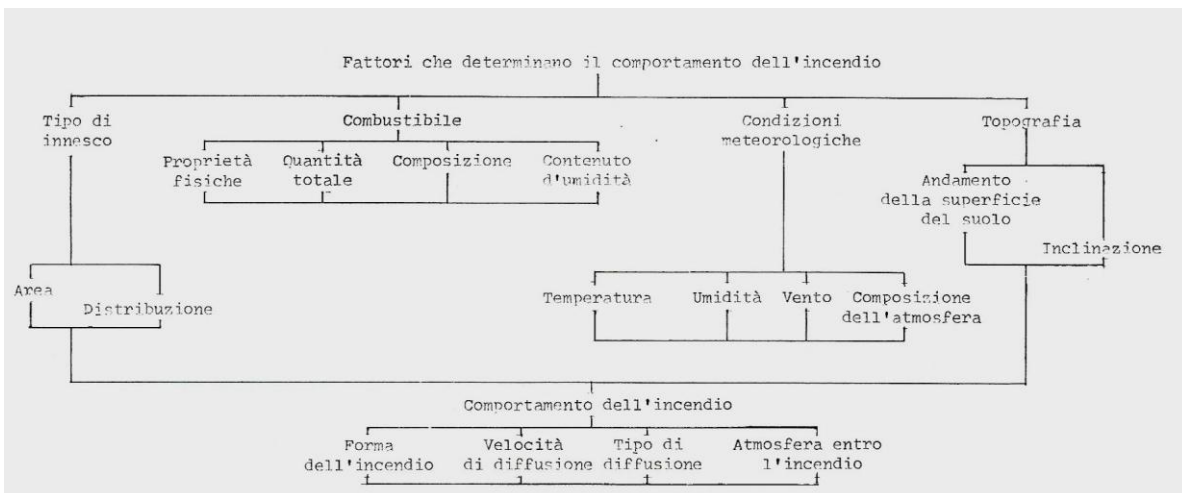


Fig. 1 - Fattori indicati da Wakimoto (1977b, ridisegnato e semplificato) che intervengono nel determinare il comportamento dell'incendio.

piante superiori. In base alle risposte provenienti dai vari habitats Moser distinse quattro gruppi di organismi denominati, rispettivamente, antracobionti, antracofili, antracoxeni e antracofobi. I primi due comprendono i funghi pirofili e il primo di essi, quello degli antracobionti, è il più tipico poiché comprende specie che possono crescere solo in aree bruciate.

Indagini in alcune zone litoranee dell'Oregon (NEAL et al. 1965) su incendi di differente intensità, a partire da due giorni dopo il passaggio del fuoco e procedendo a intervalli regolari in corrispondenza con le variazioni stagionali di tutto un anno, hanno mostrato alcuni cambiamenti ambientali provocati dal passaggio del fuoco: notevole riduzione dell'umidità del suolo e della capacità di ritenzione idrica, aumento del pH da 0,3 a 1,2 unità, incremento del contenuto di azoto ammoniacale nelle aree incendiate fino a sei mesi dopo il passaggio dell'incendio e successiva diminuzione, dopo questa epoca, nei confronti delle aree indisturbate. Altri Autori hanno rilevato una serie così numerosa di cambiamenti da indurre BARBOUR e co-autori (1981) ad affermare che le variazioni indotte nelle popolazioni microbiche del suolo dipendono non tanto dalla azione diretta del fuoco quanto da tutti i cambiamenti che si vengono a determinare nell'ambito del post-incendio. Fra i fattori che si ritiene abbiano maggiore influenza nel limitare la presenza dei funghi dopo l'incendio si possono annoverare la sterilizzazione del suolo per

effetto del calore e la conseguente aridità, l'influenza delle alte temperature sulla germinazione delle spore, lo squilibrio delle disponibilità nutrizionali per difetto di sostanza organica ed eccesso di composti inorganici, le proprietà chimiche delle ceneri, l'alterazione dei meccanismi competitivi.

I funghi prediligono normalmente gli ambienti acidi, tuttavia è noto che le ceneri derivanti dalla combustione della vegetazione facciano spesso aumentare il valore del pH come rilevato da NEAL et al. rendendo il suolo meno adatto allo sviluppo fungino. Il fatto però che certe specie sembrano non risentire di tali variazioni sta a dimostrare che esiste una grande varietà di funghi con diverso grado di specializzazione e, in certi casi, con esigenze fisiologiche anche molto diverse. Dagli anni sessanta molti studi si sono susseguiti per indagare sul comportamento fungino di risposta all'incendio: è disponibile, perciò, una certa quantità di dati che, pur presentando inevitabili divergenze dovute alle diversità di ambienti, di tecniche adottate e di funghi studiati, consente tuttavia di comporre un quadro abbastanza comprensibile delle conseguenze dell'incendio sui funghi del suolo.

ISABEL F. AHLGREN nel 1974 ha effettuato un altro lavoro di sintesi bibliografica sul ruolo dell'incendio sugli organismi del suo-

lo: essa riporta l'opinione di JORGENSEN e HODGES (1971) secondo i quali i microfunghi del suolo rappresentano circa il 45% dell'intera comunità fungina. Questi microfunghi appartengono ai generi *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* e tanti altri particolarmente importanti per noi, poiché costituiscono l'oggetto delle nostre ricerche. Molti altri funghi sono presenti nel suolo sotto forma di micelio o di spore ma non compaiono nei nostri lavori poiché non sono facilmente isolabili. Fra questi si possono indicare i funghi superiori i cui corpi fruttiferi sono macroscopicamente evidenziabili. Alla presenza dell'incendio talvolta è associabile l'assenza di fruttificazioni di questi funghi, ma non la scomparsa del micelio, poiché le due cose non sono necessariamente correlate. Vi sono numerosi fattori che intervengono nel determinismo della fruttificazione, per cui cambiamenti come quelli che si verificano dopo l'incendio possono provocare notevoli limitazioni nella formazione dei carpofori.

Alcuni Autori hanno notato la riduzione del numero dei microfunghi a causa delle sfavorevoli condizioni di sopravvivenza instauratesi dopo l'incendio: si citano, in proposito, i lavori di STEPHENSON e FOWELLS (1933), di WRIGHT e TARRANT (1957), di NEAL et al. più volte menzionato, di AHLGREN (1974), di DUNN e DEBANO (1977), di PARMETER (1977). Non vi è completa identità sulla effettiva entità della diminuzione delle popolazioni microfungine date le citate differenze fra le varie indagini: si ritiene però comunemente che il numero dei funghi dello strato più superficiale del suolo venga ad essere notevolmente ridotto durante il post-incendio, per un periodo almeno non inferiore all'anno, mentre non si registrano differenze apprezzabili nelle popolazioni di microfunghi presenti negli strati più profondi del suolo.

Uno dei fattori che ostacola lo sviluppo microfungino dopo l'incendio sembra essere l'aridità che ne deriva: infatti, dopo le prime piogge, i funghi aumentano nelle aree bruciate e tale aumento procede gradualmente in dipendenza anche della ricostituzione della copertura vegetale e del suolo, che avvengono con ritmi molto diversi da quelli dei microfunghi. È soprattutto a livello qualitativo, come varietà di specie quindi, che la successione delle popolazioni di microfunghi

dopo l'incendio diviene in certo modo confrontabile con quella delle piante superiori poiché ISABEL F. AHLGREN afferma che, in ambedue i casi, le comunità delle aree bruciate differiscono da quelle delle aree indisturbate.

WRIGHT e TARRANT rilevano che microfunghi appartenenti al genere *Fusarium* sono poco frequenti in aree soggette a incendi di debole intensità e divengono ancora più rari se l'intensità dell'incendio è stata maggiore. Generi comuni nei suoli incendiati sono *Hormodendron*, *Gliocladium* e *Cladosporium*: da zone soggette a forti incendi non sono stati isolati funghi del genere *Aspergillus*, sono rari quelli del genere *Stemphylium*, aumentano *Hormodendron* e *Botrytis*. JORGENSEN e HODGES hanno osservato l'incremento di *Mortierella ramanniana* e di alcuni appartenenti al genere *Gliocladium* in suoli sottoposti ad incendi annuali. Alcuni *Penicilli* e *Trichoderma viride* sono stati riconosciuti come primi colonizzatori in aree sottoposte ad incendio in alcuni suoli inglesi da JALALUDDIN (1969): questo ruolo, attribuito a *T. viride*, suscita in effetti qualche perplessità.

Le nostre indagini sulle popolazioni di microfunghi del suolo dopo l'incendio di Monte Argentario hanno avuto inizio una settimana dopo lo spegnimento degli ultimi focolai e sono proseguite, da allora, con periodicità quasi trimestrale. Sono state scelte tre aree di studio, due percorse dall'incendio e una indisturbata da utilizzare come campione di riferimento. I criteri con cui sono state scelte queste aree sono i seguenti: la prima area bruciata (Poggio Paladino) si trova al centro di una vasta zona percorsa dall'incendio ed è pertanto lontana da zone di vegetazione sopravvissuta; l'altra area bruciata, invece, ubicata in prossimità di Poggio Canaloni, si trova nella situazione opposta, essendo attigua a un'area intatta. Questa differente distanza dall'area naturale è stata scelta per verificare l'eventuale influenza del fattore «distanza» sui processi ricostitutivi, in particolare per quanto riguarda il ricupero delle spore e degli altri elementi germinativi. Un'altra differenza fra queste due aree bruciate è che in quella di Poggio Canaloni e non nell'altra, sono stati tagliati e asportati i resti carbonizzati delle piante legnose: ci si è domandati se le eventuali variazioni

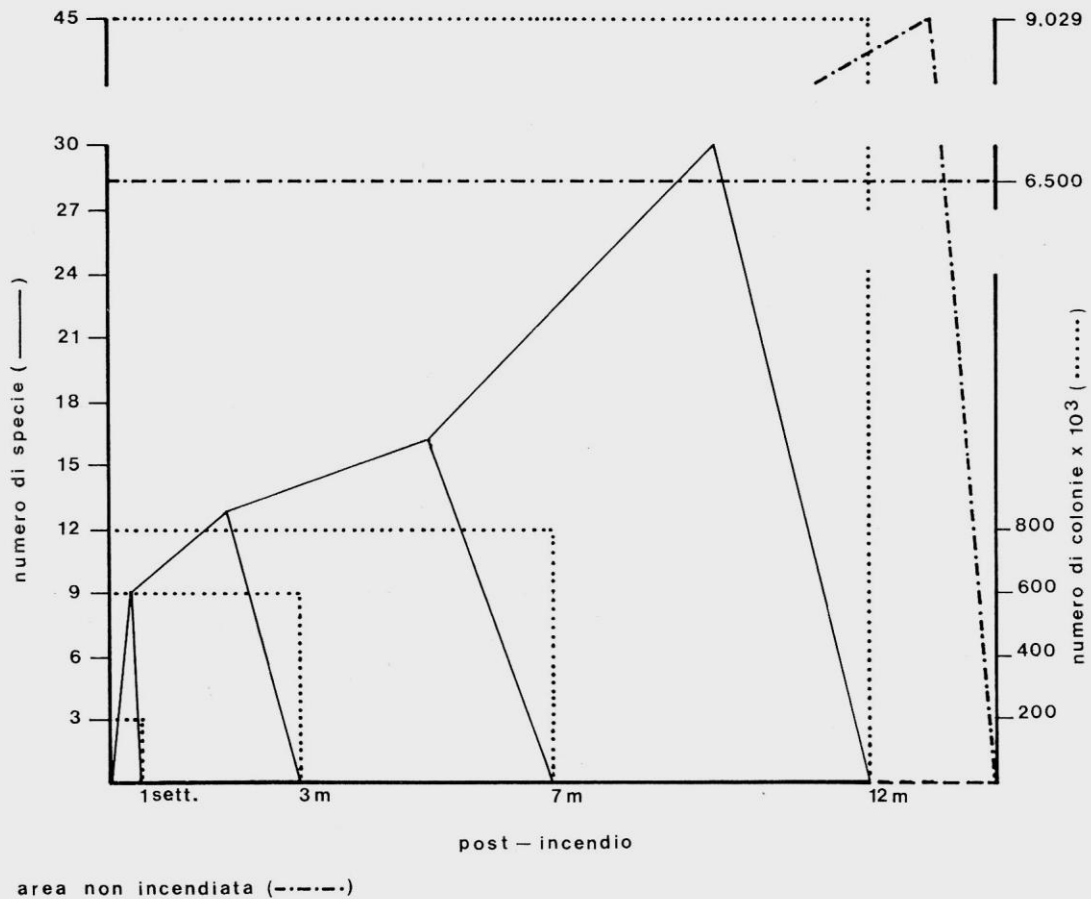


Fig. 2 - Aumento progressivo del numero delle colonie e delle specie di microfunghi del suolo durante il post-incendio di Monte Argentario. Nel grafico sono indicati anche i valori equivalenti dell'area naturale di riferimento. Periodicità delle analisi: 1 settimana e 3, 7, 12 mesi dopo il passaggio dell'incendio.

conseguenti all'azione del taglio avrebbero potuto avere un riscontro evidenziabile nell'attività della micoflora del suolo.

La micoflora isolata una settimana dopo il passaggio dell'incendio (MASSARI e BARTOLI, 1983) è dominata dalla presenza di una sola specie (*Neosartorya fischeri*) e di una sua varietà (*N. fischeri* var. *spinosa*). Questo fungo è probabilmente un sopravvissuto nel senso che era presente nei suoli di Monte Argentario prima dell'incendio al quale è scampato per effetto di caratteristiche fisiologiche che ne consentono la resistenza alle alte temperature. Tale microfungo è infatti noto come abitante delle sabbie infuocate del deserto (MOUSTAFA et al. 1977) e anche in laboratorio, in prove di esposizione al calore, ha mostrato la sua elevata termoresistenza (WARCUP 1951, 1963). *Neosartorya fischeri* presen-

ta una fase conidica di *Aspergillus*, per tale ragione è stata a lungo inclusa in tale genere nel gruppo di *Aspergillus fumigatus* con cui condivide alcune caratteristiche. La presenza dominante di *Neosartorya fischeri* e della var. *spinosa* nelle aree bruciate una settimana dopo il passaggio dell'incendio, oltre agli isolamenti di *Aspergillus versicolor* e *A. petrakii*, non concorda con quanto affermato dalla Ahlgren sulla scomparsa degli Aspergilli dai suoli incendiati. Pieno accordo, invece, abbiamo riscontrato quanto a riduzione numerica, sia delle colonie che delle specie: i nostri risultati mostrano che una

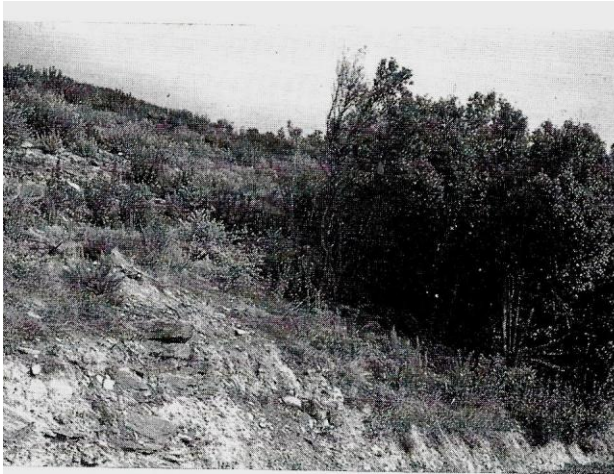


Fig. 2 e 3 (in basso). Immagini dell'area di studio indicata nella fig. 1 riprese, a distanza ravvicinata, un anno dopo l'incendio.

settimana dopo l'incendio sono presenti solo 9 specie contro le 45 dell'area naturale di riferimento, mentre il numero delle colonie è di 218×10^3 per g di suolo secco contro circa 6.500×10^3 dell'area naturale. Negli isolamenti di dicembre, la presenza dominante dei funghi indicati appare parzialmente attenuata; in aprile la composizione micologica delle aree bruciate presenta una varietà di specie che, seppure molto ridotta rispetto a quella dell'area naturale (circa un terzo in termini numerici), è tuttavia assai più ricca delle precedenti. *Neosartorya fischeri* e la var. *spinosa* sono sempre presenti ma senza ri-



coprire il ruolo dominante che aveva contraddistinto i precedenti isolamenti. Le differenze del quadro micologico fra le due aree bruciate di Poggio Paladino e Poggio Canali non sono a questo punto particolarmente significative, per cui non siamo in grado di individuare aspetti preferenziali per il recupero delle spore o degli altri elementi germinativi fra le due aree bruciate, in funzione della reciproca distanza dall'area naturale. Nemmeno l'intervento del taglio delle fanerofite carbonizzate sembra indurre modificazioni nel substrato tali da poter essere apprezzate a livello micologico, almeno fino a quest'epoca. Si nota invece all'osservazione microscopica un certo numero di microfunghi che presenta, con una frequenza troppo elevata per poter essere casuale, elementi conservativi (clamidospore, sclerozi), riproduttivi (picnidi, ascocarpi) e ammassi cellulari probabilmente collegati con il passaggio dell'incendio e con le successive modificazioni del substrato. Questo aspetto è stato notato in funghi isolati sia nelle aree bruciate sia in quella indisturbata: crediamo di non apparire troppo imprudenti se avanziamo la ipotesi che possa trattarsi di caratteri adattativi di microrganismi abitanti in suoli ove l'incendio è un evento frequente. L'ultimo isolamento del primo anno di indagini presenta un considerevole aumento di specie microfungine, anche se la distanza che separa questo quadro micologico da quello dell'area naturale è ancora notevole. Una particolarità di questo isolamento è l'esplosione numerica dei microfunghi dell'area bruciata di Poggio Paladino che raggiunge un valore elevato, oltre 9 milioni di colonie per g di suolo secco. Improvvise esplosioni fungine, «fungal bloom» degli Autori americani, sono già state rilevate in altri studi dedicati al post-incendio, forse dipendenti da momentanei incrementi di disponibilità nutrizionali associati a favorevoli fattori climatici.

In conclusione i risultati dell'incendio dopo il primo anno di indagini (MASSARI e BARTOLI) mostrano una graduale ricostituzione della comunità microfungina nei suoli percorsi dall'incendio, senza particolari differenze fra di loro attribuibili alle reciproche distanze dall'area naturale e neppure in conseguenza dei tagli delle piante legnose. Si ha l'impressione, come già riportato dalla Ahlgren, che la ricostituzione della micoflora

avvenga di larga massima come quella della flora fanerogamica, che probabilmente sia ad essa subordinata come potrebbe dedursi dal fatto che l'aumento più considerevole di specie fungine si verifica nel periodo primavera-estate quando le piante riprendono a vegetare. Comunque ribadiamo il carattere preliminare di tali risultati, relativi a indagini che hanno coperto solo il primo anno successivo al passaggio dell'incendio (fig. 2).

Questi risultati concordano sostanzialmente con quelli ottenuti da gran parte degli Autori precedentemente indicati. Alcune differenze sono rilevabili, a parte quanto osservato per il genere *Aspergillus*, anche per quanto riguarda le diversità fra le specie presenti nell'area naturale e quelle che gradualmente ricolonizzano le aree incendiate. In altri studi, il numero di specie diverse fra le aree bruciate e quelle indisturbate è superiore rispetto a quello da noi rilevato.

Quanto alle somiglianze micologiche fra il chaparral californiano e la «macchia» costiera tirrenica si fa riferimento ai lavori di COOKE (1971), di MAHONEY e LAFAVRE (1981). Questo secondo studio non è rivolto in modo specifico al post-incendio: viene citato poiché gli Autori indicano quali funghi dominanti di aree incendiate del chaparral californiano (San Gabriel Mountains) *Coniochaeta tetraspora*, *Humicola* sp e *Neosartorya fischeri* che, con la var. *spinosa*, è la specie dominante nei suoli di Monte Argentario una settimana dopo l'incendio. COOKE ha studiato il post-incendio nel chaparral di Mount Shasta (Shasta-Trinity National Forest) isolando circa 40 microfunghi in aree bruciate e non bruciate, a differenti profondità di suolo. Pur tenendo conto delle differenze fra il lavoro di COOKE e il nostro, possiamo osservare che una trentina di microfunghi sono comuni a livello di genere con quelli di Monte Argentario, una diecina a livello di specie. Segnaliamo questo fatto senza attribuirgli alcun significato particolare: ci limitiamo a rilevare che, la dominanza di *Neosartorya fischeri* nel chaparral californiano e nella «macchia» tirrenica dopo l'incendio, potrebbe rappresentare un'ulteriore conferma degli orientamenti di quegli Autori, come KRASILNIKOV (1958), i quali ritengono che la distribuzione dei microfunghi del suolo sia determinata dai fattori ecologici piuttosto che da quelli geografici.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- AHLGREN I. F., AHLGREN C. E., 1960: *Ecological effects of forest fires*. «The Botanical Review» 26: 483-533.
- AHLGREN I. F., 1974: *The effect of fire on soil organisms*. In «Fire and ecosystems», ed. T. T. Kozlowski and C. E. Ahlgren. New York, Academic Press.
- BARBOUR M. G., BURK J. H., PITTS W. D., 1981: *Fire in Terrestrial Plant Ecology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company. Menlo Park, California.
- COOKE W. B., 1971: *Fungi in Burned and Unburned Chaparral Soils*. «Siddowia Ann. Mycol.» 24: 164-168.
- DUNN P. H., DEBANO L. F., 1977: *Fire's effect on biological and chemical properties of chaparral soils*. In «Proc. Symp. Env. Cons. Fire and Fuel Mangmt. in Medit. Ecosyst.» pp. 75-84. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture Forest Service.
- JALALUDDIN M., 1968: *Fire as an agent in the establishment of a plant disease*. «Park J. Sci.» 20: 42-44.
- JORGENSEN J. R., HODGES C. S., 1970: *Microbial characteristics of a forest soil after twenty years of prescribed burning*. «Mycologia» 62: 721-726.
- 1971: *Effects of prescribed burning on microbial characteristics of soil*. U.S. Forest Serv. Southeast, Forest Exp. Sta. Prescribed Burning Symp. pp. 107-114.
- KRASILNIKOV N. A., 1958: *Soil microorganisms and higher plants*. Moskva - Leningrad - Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem 1962.
- MAHONEY D. P., LAFAVRE J. S., 1981: *Coniochaeta extramundana, with a synopsis of other Coniochaeta species*. «Mycologia» 73: 931-952.
- MASSARI G., BARTOLI A.: *Dominance of Neosartorya fischeri and Neosartorya fischeri varietal spinosa in Thyrranian Coastal soils after fire*. «Ann. Bot. Univ. Roma» 41: 65-68.
- *Successione delle popolazioni di microfunghi del suolo durante il post-incendio di Monte Argentario*. Giorn. Bot. Ital. (in pubblicazione).
- MOSER M., 1949: *Untersuchungen über den Einfluss der Waldbränden auf die Pilz-vegetation*. I. «Sydowia Ann. Mycol.» 3: 336-341.
- MOUSTAFA A. F., SHARKAS M. S., KAMEL M. SUSAN, 1977: *Thermophilic and thermotolerant fungi in the desert and salt-marsh of Kuwait*. «Norw. J. Bot.» 23: 213-220.
- NEAL J. L., WRIGHT E., BOLLEN W. B., 1965: *Burning Douglas fire slash: Physical, chemical and microbial effects in the soil*. «Oreg. State Univ. Forest Res. Lab. Res.» Pap. pp. 1-32.
- PARMETER J. R., 1977: *Effects of fire on pathogens*. In «Proc. Symp. Env. Cons. Fire and Fuel Mangmt. in Medit. Ecosyst.» pp. 58-64. Washington D.C.: U.S. Dept. of Agriculture Forest Service.
- SEAYER F. J., 1909: *Studies on pyrophilous fungi. I. Occurrence and cultivation of Pyronema*. «Mycologia» 1: 131-139.
- STEPHENSON R. S., FOWELLS H. A., 1933: *Effect of*

- burning on forest soils. «Soil Sci» 38: 175-181.
- VOGL R. J., 1974: *Effects of fire on grasslands*. In «Fire and ecosystems», ed. T.T. Kozlowski and C.E. Ahlgren. New York, Academic Press.
- WAKIMOTO R. H., 1977a: *Chaparral growth and fuel assessment in southern California*. In «Proc. Symp. Env. Cons. Fire and Fuel Mangmt. in Medit. Ecosyst.» pp. 412-418. Washington D.C.: U.S. Dept. of Agriculture Forest Service.
- 1977b: *Presentation at giant sequoia fire ecology extension course*. October 1977, University of California, Davis.
- WARCUP J. H., 1951: *Soil steaming: a selective method for the isolation of Ascomycetes from soil*. «Trans Brith. Mycol. Soc.» 34: 515-518.
- 1963: *Occurrence of dormant ascospores in soil*. «Nature» London 197: 1317-1318.
- WRIGHT E., TARRANT R. F., 1957: *Microbial soil properties after logging and slash burning*. U.S. Forest Service Pacific Northwest Range Experimental Station Research Notes 157. Washington D.C.: U.S. Dept. of Agriculture Forest Service.
-
- Gli Autori:*
- Giuseppe Massari - Antonella Bartoli, Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Roma.
-