

Solveig Tosi, Francesca Baretta, Dario Savini, Francesco Sartori

ANALISI SUL MICROBIOTA DEL SUOLO LUNGO UN GRADIENTE DI PROFONDITÀ NELLA RISERVA INTEGRALE SIRO NEGRI (PV, ITALY)

Dipartimento di Ecologia del Territorio, Università di Pavia, via S. Epifanio 14, 27100, Pavia, Italy
e-mail: solveig.tosi@unipv.it

Abstract

The mycobiota of soil along a depth gradient in the "Siro Negri" Natural Reserve (Pv, Italy). This paper investigates soil fungal consortium in the Integral Natural Reserve "Bosco Siro Negri" (Zerbolò, Pavia). Quality level of the soil was evaluated by means of respiration test, measuring production of CO₂. The soil of the reserve gave the highest value of quality. Quantitative and qualitative fungal analyses were carried out on samples collected from 0 to 74 cm of depth. Colony forming units per gram of soil decrease from 48.000 in the highest layers to almost 100 in the deepest. Qualitative analysis was carried out only on strains isolated in the layers between 24 and 74 cm. The isolated taxa were 21, mainly represented by biotrophic species, the presence of which in these layers is probably linked to animal and plant hosts. The results obtained could represent reference data for mycological investigations that require comparison with an undisturbed soil.

Keywords: soil fungi, respiration soil test, integral natural reserve, deep soil.

Riassunto

In questo lavoro vengono presentati dati quantitativi e qualitativi sul consorzio fungino del suolo lungo un gradiente di profondità di una riserva integrale ("Bosco Siro Negri", Zerbolò, PV, Italy). Le analisi micologiche sono state effettuate su di un suolo che, basandosi sul tasso di respirazione, ha presentato l'indice massimo di qualità.

Lo studio quantitativo del consorzio fungino ha permesso di individuare un gradiente verticale che vede le UFC per g di suolo diminuire con la profondità andando da un massimo di circa 48.000 negli strati superficiali a circa 100 in quelli più profondi.

L'analisi qualitativa, limitata agli strati tra i 24 e i 74 cm, ha messo in evidenza 21 taxa principalmente rappresentate da specie biotrofe, la cui presenza in questi strati è probabilmente legata ai loro ospiti animali o vegetali.

I risultati ottenuti in questo lavoro possono rappresentare una base di riferimento per studi che prevedono rilievi in gradienti ecologici e necessitano di un paragone con una condizione di suolo non disturbato

Parole chiave: funghi del suolo, test di respirazione del suolo, riserva naturale integrale, suolo profondo.

Introduzione

Il Bosco Siro Negri è caratterizzato da una ricca diversità fungina (Pellizzari, 1972; Rovida, 2000; Zanardini, 2000; Ferrigno, 2000; Ferrigno et al., 2002; Milanese 2002; Solari, 2003; Picco et al., 2006; Baretta, 2007), favorita dal tipo di gestione che, non prevedendo interventi di qualsiasi tipo, garantisce la presenza di un suolo ricco di materiale organico ed una condizione il più possibile indisturbata.

Gli studi micologici progressivi hanno interessato anche aree prossime alla riserva facenti parte del Parco del Ticino; nel lavoro di Furlanetto (2002) le segnalazioni riguardano macrofunghi che compaiono catalogati per un totale di 1252 specie accanto a licheni, mixomiceti, piante e diversi gruppi animali.

Come in ogni altro ecosistema, i funghi all'interno del bosco degradano le sostanze organiche assicurando il riciclo dei nutrienti per il sostentamento dell'intera catena alimentare. Sono gli unici organismi (insieme a pochi specializzati batteri) capaci di degradare molecole complesse come lignina e cellulosa; inoltre aumentano il contenuto di proteine nella lettiera rendendola così più appetibile ad

altri organismi presenti nel suolo (Niamke & Wang, 2004; Dix & Webster, 1995). I funghi rivestono un importante ruolo non solo dal punto di vista qualitativo, ma anche quantitativo poiché costituiscono ben il 90% della biomassa microbica nel suolo forestale (Barron, 2003; White, 2004; Kjoller & Struwe, 1992; Newel, 1992). Un suolo con un alto indice di biodiversità di microrganismi è considerato un suolo ricco e fertile, ambiente in cui il 'turnover' di materia organica è veloce. L'attività del suolo è tanto più alta tanto più è ricca e diversificata la componente costituita dai microrganismi. Nel suolo i funghi diventano i principali produttori di anidride carbonica, risultato della loro intensa attività metabolica.

Il tasso di respirazione, insieme alla misura della biomassa dei microrganismi e alla quantificazione dell'ergosterolo per i funghi (Scheu & Parkinson, 1994; Eash et al., 1996), è uno degli indici utilizzati di qualità e fertilità del suolo (Pankhurst et al., 1998; Mendes et al., 1998). Quanto più risulta elevato il tasso di respirazione, tanto maggiore è la quantità dei microrganismi metabolicamente attivi presenti (Smith & Paul, 1986; Van Veen & Van Elsas, 1986; USDA, 1999).



Fig. 1: Aree di studio. A1, A2, A3 siti di campionamento interni alla Riserva Siro Negri; MSE macchia seriale esterna, MSI macchia seriale interna.

In questo lavoro vengono presentati dati quantitativi e qualitativi sul consorzio fungino del suolo della riserva integrale “Bosco Siro Negri” lungo un gradiente di profondità. L’analisi qualitativa si è limitata agli strati più profondi tecnicamente raggiungibili. Si è voluto inoltre valutare la qualità del suolo della riserva utilizzando come indice il tasso di respirazione basato sulla produzione di CO_2 risultato dell’attività metabolica della componente microbica nel suo complesso.

2. Materiali e metodi

2.1 Descrizione dei siti campionati

Il Bosco Siro Negri è una riserva integrale situata nel Comune di Zerbolò (PV); la sua superficie è di circa 11 ettari confinanti a Sud-Est con una proprietà privata, delimitati ad Ovest dal canale Canareto e a Nord-Est dal Ticino. Il Bosco occupa

la parte bassa della valle fluviale, ad una altitudine media di circa 63 m s.l.m.

Il Bosco Siro Negri è attualmente classificato come “Zona A” o “Riserva Integrale di interesse scientifico” ed è attualmente gestito dal Dipartimento di Ecologia del Territorio dell’Università di Pavia.

Sono stati scelti 3 siti di campionamento situati all’interno della riserva denominati da nord a sud: A3, A1 e A2 in prossimità di 3 trincee precedentemente scavate per studi pedologici (Fig. 1).

2.2 Valutazione della qualità del suolo

Prima di affrontare le analisi micologiche si è voluto valutare il grado di qualità del suolo della riserva scegliendo, tra gli indici utilizzabili, il tasso di respirazione del suolo basato sulla produzione di anidride carbonica.

Per un confronto si è scelto di effettuare

l'analisi anche sul suolo di un'area degradata, adiacente alla riserva, soggetta a recupero vegetazionale mediante l'impianto di una macchia seriale mesoxerofila (MS). L'impianto risale al 1992 (Sartori, 1992; Sartori et al., 1992) per cui la macchia seriale, al momento delle analisi, aveva una maturità di 15 anni. La macchia seriale si presenta come un'area ellittico-circolare il cui nucleo centrale è composto da specie arboree e arbustive, circondato da fasce di vegetazione progressivamente meno evolute fino agli stadi di marcato pionierismo (Carchidi, 1997). L'intervento è stato realizzato senza lavorazione del terreno e con una densità di circa una piantina a metro quadro; l'impianto eseguito durante il suo sviluppo è stato lasciato deliberatamente senza cure (Sartori et al., 1992). Le specie vegetali predominanti nella macchia seriale mesoxerofila sono *Quercus robur* L., *Acer campestre* L. e *Euonymus europaeus* L. nella zona centrale; *Q. robur*, *Ligustrum vulgare* L., *A. campestre* e *Corylus avellana* L. nella fascia media; *Crataegus monogyna* Jacq., *L. vulgare* e *Prunus spinosa* L. nell'area esterna. La sua estensione è di 1020 m² e gli esemplari impiantati sono 1378.

Nella macchia seriale sono stati scelti 2 siti di campionamento denominati MSI (più interno con nucleo di vegetazione più evoluto) ed MSE (più esterno e con una vegetazione pioniera) (fig. 1).

Il metodo utilizzato per valutare la qualità del suolo della Riserva si è basato sull'utilizzo del kit "Solvita Soil-life test" (www.solvita.com), proposto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA, 1999; www.usda.gov). Si tratta di un test biologico di analisi diretta dell'anidride carbonica prodotta nel suolo dai processi metabolici dei microrganismi, applicabile in condizioni controllate di laboratorio.

Il suolo è stato raccolto in modo random alla profondità di 0-2 cm in quadrati di 0.5×0.5 m nel sito A2, all'interno della riserva, e nei siti MSI e MSE all'interno della macchia seriale mesoxerofila.

Per ogni sito sono stati raccolti 6 sottocampioni di suolo come ripetizioni da cui sono stati eliminati accuratamente i frammenti di radici presenti, per evitare che la respirazione radicale influenzasse i risultati.

In laboratorio 115 ml di ogni sottocampione, è stato messo in un barattolo della capienza di 265 ml in dotazione nel kit. Il suolo da testare è stato mantenuto umido ma non saturo di acqua. Nel caso dei campioni di suolo più asciutti si è proceduto ad un'adeguata umidificazione. Successivamente è stata aggiunta una paletta con il gel tornasole in dotazione nel kit e si è mantenuto il barattolo chiuso alla temperatura di 22°C e al riparo dalla luce. La lettura dei risultati del test è avvenuta dopo 24 ore.

I valori sono stati quindi confrontati con quelli riportati in scala nel kit, a cui fanno riferimento quantitativi di produzione in mg CO₂: kg suolo⁻¹: settimana⁻¹.

2.2 Analisi quantitativa

L'analisi quantitativa dei funghi del suolo è stata effettuata nei siti della riserva integrale (A1, A2, A3) su campioni prelevati alle profondità di 0-2, 4-6, 8-10, 12-14, 16-18, 24-26, 28, 30, 74 cm. I campionamenti di suolo sono stati effettuati verticalmente mediante un tubo di ferro del diametro di 5 cm e lungo 100 cm provvisto di fori da 1 cm distanti 2 cm l'uno dall'altro. Una volta estratto il tubo dal terreno è stato possibile raccogliere il suolo alle varie profondità infilando delle cannucce di plastica precedentemente sterilizzate nei fori del tubo. I campioni di suolo sono stati trasportati in laboratorio in sacchetti di plastica sterile e conservati a 4°C.

Per valutare la concentrazione dei microrganismi presenti nel suolo è stato effettuato il conteggio delle Unità Formanti Colonie (UFC) per grammo di suolo secco partendo da diluizioni pari a 1: 100'000 o inferiori a seconda della profondità di campionamento.

Sono state preparate capsule Petri di 9 cm di diametro con MEA (malt extract agar, Fluka) come terreno colturale sulla cui superficie è stato distribuito 1 ml della sospensione di suolo e antibiotici secondo quanto riportato da Gams et al. (1998). Ogni campione è stato distribuito in 3 piastre. Le capsule sono state incubate alla temperatura di 20°C per 14 gg. Il conteggio delle UFC è stato effettuato dopo 7 e 14 gg dall'inoculo. I ceppi fungini sono stati isolati e coltivati su MEA e quindi mantenuti a 5°C. I dati di UFC ottenuti sono la media su 3 ripetizioni.

Per riferire i conteggi al grammo di suolo secco sono stati misurati i pesi secchi dei campioni raccolti mediante una bilancia ad infrarossi (AMB 110 Moisture balance, Folabo, Italy). La percentuale di umidità è stata registrata anche per la lettiera sovrastante.

2.3 Analisi qualitativa

L'analisi qualitativa del microbiota è stata effettuata solo su 4 degli strati di suolo più profondi tecnicamente raggiungibili: a 24, 28, 30 e 74 cm di profondità. Le identificazioni tassonomiche dei ceppi isolati sono state effettuate su base morfodimensionale. A seconda dei gruppi tassonomici sono stati utilizzati terreni e condizioni di coltura come segnalato nelle monografie di riferimento (Gams,

1988; Domsch et al, 1980; Gams & Bisset, 1998). Microcolture su vetrino dei singoli isolati sono state allestite per lo studio delle morfologie al microscopio.

2.4 Analisi statistiche

I dati quantitativi sono stati sottoposti ad analisi statistiche attraverso il software Minitab 12 (McKenzie & Goldman, 1999) e sono state così verificate: la distribuzione normale dei dati (test di Normalità di Anderson-Darling) l'omogeneità della varianza (test di Bartlett), le differenze fra i 3 siti della riserva naturale mediante analisi della varianza (test ANOVA a due vie). Per l'applicazione del test ANOVA a due vie è necessario che i dati siano bilanciati, ovvero vengano confrontate uno stesso numero di osservazioni per sito e per strato. Tali condizioni riguardano solo i dati ottenuti per i primi tre strati: 0-2 cm, 4-6 cm, 8-10 cm. Per cui il test è stato applicato solo per tali strati.

3. Risultati

3.1 Stima della respirazione del suolo

Per valutare la qualità del suolo della Riserva Integrale "Siro Negri" è stata misurata la produzione di CO₂ quale prodotto metabolico della respirazione microbica. La condizione del Bosco è stata confrontata con quella della macchia seriale mesoxerofila nella sua parte più interna (MSI) e più marginale (MSE).

La tabella 1 riporta i risultati ottenuti per i siti A2 della riserva integrale e MSI e MSE rispettivamente della macchia mesoxerofila interna ed esterna.

3.2 Analisi quantitativa

Per quantificare la carica fungina è stato necessario misurare il peso secco dei campioni di suolo. I dati raccolti hanno fornito indicazioni sull'umidità contenuta i cui valori sono riportati in percentuale in tab. 2. Nei siti studiati si osserva che alle diverse profondità l'umidità diminuisce gradualmente verso gli strati pedologici più profondi. Il gradiente di umidità che si osserva è però interrotto da alcune discontinuità, in cui si registrano aumenti in percentuale di acqua contenuta negli strati a 30 e a 74 cm nel sito A2. Si può ipotizzare che questo sia dovuto alla vicinanza del canale Canareto e alla superficialità della falda. L'umidità della lettiera è stata calcolata per effettuare un confronto con gli strati di suolo superficiale; l'acqua in essa contenuta è abbondante nei 3 siti della riserva, mentre il primo strato di suolo ne possiede meno della metà. Considerando la lettiera e il primo strato di suolo superficiale, il sito A1 è quello più asciutto, A2 è intermedio e A3 è il più umido.

La tabella 3 contiene i risultati dell'analisi quantitativa; vengono riportati i valori medi delle Unità Formanti Colonie per g di suolo secco ed il fattore di diluizione utilizzato.

I dati numerici ottenuti durante le analisi quantitative sono stati sottoposti a test di normalità e omogeneità della varianza, condizioni necessarie all'applicazione del test parametrico ANOVA.

Il test ANOVA a due vie ha riscontrato differenze significative tra siti ($F = 34,4$; $p < 0,05$; $Df = 2$) e strati ($F = 9,35$; $p < 0,05$; $Df = 2$) senza evidenziare l'esistenza di interazioni significative tra le due variabili ($F = 1,80$; $p > 0,05$; $Df = 4$). Si conferma, quindi, una minor carica fungina nel sito A3 per i primi tre strati di suolo considerati.

sottocampioni	A2	MSI	MSE
1	5	4	2,5
2	5	4	3
3	5	4	2,5
4	5	3,5	2,5
5	5	4	2,5
6	5	4	2,5
Media	5	3,9	2,6
mg CO ₂ ·kg suolo ⁻¹ ·settimana ⁻¹	2000	1463	650

Tab. 1: produzione di mg CO₂·kg suolo⁻¹·settimana⁻¹ su base colorimetrica con valori compresi tra 2,5 e 5. Il suolo del Bosco risulta avere l'indice più alto di attività metabolica, con una produzione totale di 2000 mg CO₂/kg suolo/settimana; MSI e MSE hanno dato valori produzione di 1463 e 650 mg CO₂/kg suolo/settimana rispettivamente, ponendosi su un gradiente evidenziato dalla scala colorimetrica di riferimento.

Strato	A1 umidità %	A2 umidità %	A3 umidità %
lettiera	68	70	74
0-2 cm	28	32	33
4-6 cm	19	32	30
8-10 cm	16	27	27
12-14 cm	14	29	18
16-18 cm	16	14	21
24-26 cm	12	9	15
28 cm	11	9	-
30 cm	11	10	8
74 cm	6	12	6

Tab. 2: La tabella mostra la percentuale di umidità contenuta in ogni campione di suolo e lettiera.

Profondità	Diluizione	A1	A2	A3
0-2 cm	1:100'000	42'778	47'647	15'224
4-6 cm	1:100'000	32'840	21'471	5'143
8-10 cm	1:100'000	31'667	17'808	196
12-14 cm	1:100'000	10'000	5'352	nd
16-18 cm	1:10'000	310	698	253
24-26 cm	1:1'000	127	62	282
28 cm	1:1'000	103	29	nd
30 cm	1:1'000	220	348	96
74 cm	1:1'000	92	118	nd

Tab. 3: UFC/ g di suolo secco (valori medi) alle diverse profondità analizzate nei 3 siti di campionamento della Riserva Integrale Siro Negri. Vengono riportati i fattori di diluizione utilizzati. nd: non determinato.

3.3 Analisi qualitativa

Come già indicato le analisi qualitative hanno riguardato i funghi degli strati di suolo più profondi che è stato tecnicamente possibile raggiungere in questo studio. La tab. 4 riporta i generi e le specie riscontrate a 24, 28, 30 e 74 cm.

Sono stati isolati 25 ceppi appartenenti a 21 specie e 10 generi. La quasi totalità è rappresentata da funghi anamorfi di *Ascomycetes*. Sono presenti due specie appartenenti agli *Zigomycetes*. Per diversi isolati appartenenti al genere *Penicillium* l'identificazione è stata possibile fino al livello della serie tassonomica; per altri è stato possibile ricondurli ad alcune specie note ma con alcune differenze morfologiche (isolati denominati con cfr).

4. Discussione

Dal confronto della riserva Siro Negri con aree a diverso grado di recupero ambientale (MSI e MSE) mediante misura della CO₂ prodotta dal suolo, risulta che nella riserva integrale si raggiungono i massimi valori di qualità secondo l'indice utilizzato.

L'anidride carbonica prodotta dal suolo del Bosco è 1,3 volte maggiore di quella prodotta dalla macchia seriale più interna (MSI) e 3 volte di quella prodotta dalla macchia seriale più marginale (MSE).

I dati sulla produzione di CO₂, se da una parte danno indicazioni sullo stato di qualità della riserva, dall'altro mettono in evidenza che la macchia mesoxerofila, a 15 anni dal suo impianto, sembra contribuire al miglioramento microbiologico del suolo ricreando un microbiota simile a quello della

Micromiceti identificati	24 cm	28 cm	30 cm	74 cm
<i>Absidia spinosa</i> Lendner	x			
<i>Aspergillus parvulus</i> Smith				x
<i>Aspergillus terricola</i> var. <i>indicus</i> Mehrotta & Agnihotri			x	
<i>Gonytrichum macrocladum</i> (Sacc.) Hughes	x			
<i>Lecanicillium</i> spp.	x			
<i>Lecanicillium tenuipes</i> (Petch) Zare & W. Gams			x	
<i>Paecilomyces farinosus</i> (Holm ex S.F. Gray) Brown & Smith				x
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> (Wize) Brown & Smith		x		
<i>Paecilomyces inflatus</i> (Burnside) Carmichael		x		
<i>Penicillium</i> sp. 1 Serie <i>Citreonigra</i>	x			
<i>Penicillium</i> sp. 2 Serie <i>Oxalica</i>	x			
<i>Penicillium</i> sp. 3 Serie <i>Miniolutea</i>		x		
<i>Penicillium</i> sp. 4 cfr <i>minioluteum</i> Dierckx	x			
<i>Penicillium</i> sp. 5 cfr <i>aurantiogriseum</i> Dierckx	x	x	x	
<i>Penicillium</i> sp. 6 cfr <i>corylophilum</i> Dierckx			x	
<i>Penicillium</i> sp. 7 cfr <i>restrictum</i> Gilman & Abbott		x		
<i>Penicillium</i> sp. 8 cfr <i>montanense</i> Christensen & Backus	x			
<i>Phialophora cinerescens</i> (Wollenw.) Beyma	x			x
<i>Simplicillium lamellicola</i> (F. E. W. Smith) Zare & Gams				x
<i>Trichoderma atroviride</i> P. Karsten		x	x	
<i>Zygomycetes</i> spp.			x	
Totale Taxa: 21 Totale ceppi: 25	9	6	6	4

Tab. 4: Elenco dei micromiceti identificati nel suolo profondo del Bosco Siro Negri.

riserva almeno nella parte centrale, quella più matura. La possibilità di utilizzare l'indice di qualità basato sulla respirazione del suolo per monitorare il progressivo miglioramento di aree sottoposte a recupero ambientale sembra promettente e valevole di essere maggiormente indagata.

Lo studio quantitativo del consorzio fungino nei diversi strati di suolo della riserva Siro Negri ha permesso di individuare un gradiente verticale che vede le UFC diminuire con la profondità. Osservando i risultati ottenuti a 30 cm sotto la superficie del suolo (tab. 3), specialmente nei siti A1 e A2 è evidente un incremento delle UFC in questo strato pedologico che potrebbe essere messo in relazione con il leggero aumento rilevato per l'umidità nello stesso strato (tab. 2).

La presenza di una discreta carica fungina anche negli strati pedologici profondi potrebbe essere spiegato dalla presenza di specie entomopatogene riscontrate in questo lavoro che sono legate

all'area dove stazionano gli insetti che raggiungono tali profondità (Gray & Bailey, 1985; Dackman et al., 1992).

L'analisi statistica dei dati quantitativi ha messo in evidenza che il sito A3 è significativamente diverso dagli altri 2 siti per carica fungina fino alla profondità di 10 cm. Anche se è prematuro valutare il peso di questa condizione si può osservare che A3 è il sito più prossimo al fiume e probabilmente maggiormente influenzato da esso rispetto agli altri due. Sarebbe interessante in futuro indagare più chiaramente i fattori che determinano tale discontinuità. Il dato emerso, comunque, mette in evidenza la realtà disomogenea della condizione ecologica del suolo all'interno della riserva tanto che la scelta di siti di studio nella riserva non dovrebbero essere considerati tra loro come delle ripetizioni.

Dall'analisi qualitativa, che si è limitata al consorzio fungino riscontrabile tra i 24 e i 74 cm di profondità, le specie risultano 21 sottolineando una

ricchezza in specie non trascurabile.

La presenza di funghi a tali profondità potrebbe essere associata alla loro condizione di parassiti di animali e piante. Risulta dalla letteratura (Domsch et al., 1980) che molti dei ceppi isolati nel presente lavoro a queste profondità appartengono a specie con caratteristiche di biotrofi.

Phialophora cinerescens (Wollenw.) Beyma, isolata a 24 e 74 cm di profondità, può parassitare le piante entrando nei vasi dello xilema attraverso ferite sulle radici. La sua presenza in questi strati sembra ragionevolmente legata al sistema rizosferi-

com. pers.). È probabile che le specie fungine entomopatogene qui ritrovate abbiano una certa specificità per tali insetti. Sarebbe auspicabile la possibilità di approfondire tale ricerca per le numerose ricadute biotecnologiche che si potrebbero avere principalmente nel campo della lotta biologica.

Fra i ceppi entomopatogeni isolati, interessante è stato il ritrovamento di un ceppo appartenente alla specie *Lecanicillium tenuipes* (Petch) Zare & W. Gams, specie descritta da Cavara (1896) come *Sporotrichum araneorum* Cavara, divenuto successivamente sinonimo di *L. tenuipes*, del quale è presente un campione su ragno nell'erbario crittogamico dell'Orto Botanico di Pavia, in "Fungi Longobardiae exsiccati" 5: fasc. 240, del 1896 (fig. 2).

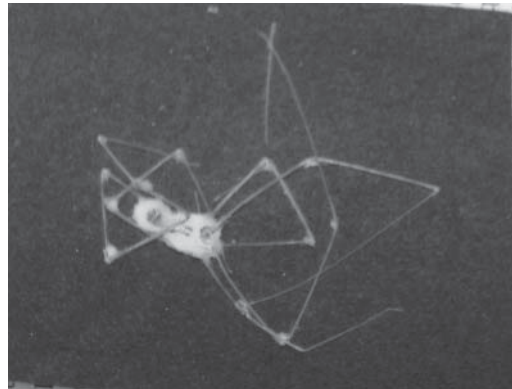
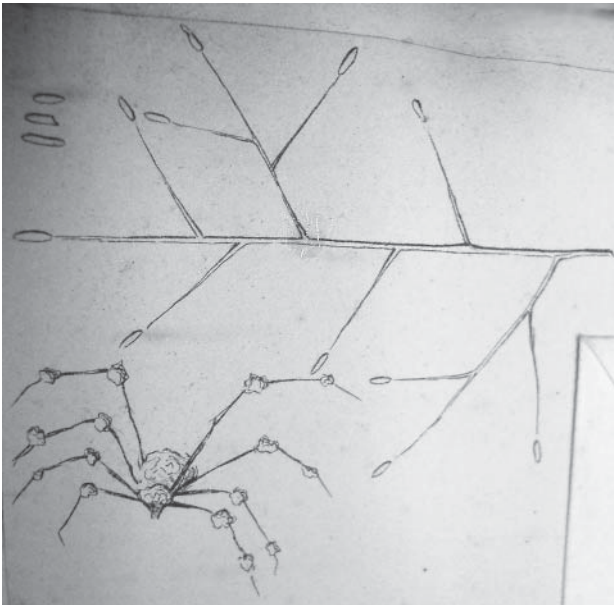


Fig. 2: Ragno parassitato da *Sporotrichum araneorum* Cavara sinonimo di *Lecanicillium tenuipes* (Petch) Zare & W. Gams; i disegni (a sinistra) e il campione (a destra) fanno parte dell'erbario crittogamico dell'Orto Botanico di Pavia.

co di piante d'alto fusto.

Simplicillium lamellicola (F. E. W. Smith) Zare & Gams, oltre ad essere notoriamente parassita di macrofunghi, è stato trovato associato alle specie di nematodi *Heterodera glycines* e *Meloidogyne arenaria* (Gams, 1988).

I 3 ceppi di *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith, *Lecanicillium tenuipes* (Petch) Zare & W. Gams e *Paecilomyces farinosus* (Holm ex S. F. Gray) Brown & Smith, rispettivamente isolati a 28, 30 e 74 cm di profondità sono descritte come specie entomopatogene.

Queste specie probabilmente vengono trasportate in profondità dal loro stesso ospite.

Gli unici insetti che si ritrovano nel suolo tra i 30 e i 70 cm sono le larve di coleotteri che si nutrono dell'apparato radicale dei vegetali (Groppali

E' probabile che il ceppo di *Lecanicillium tenuipes*, isolato in questo lavoro appartenga alla stessa popolazione del ceppo trovato proprio a Pavia da Cavara.

Gonytrichum macrocladum (Sacc.) Hughes e le 2 specie di *Aspergillus* sono tipiche del suolo soprattutto degli strati più superficiali. *G. macrocladum* e *A. parvulus* Smith sono stati isolati negli strati di suolo a 24 e 74 cm rispettivamente; la loro presenza a tali profondità è piuttosto inusuale e sarebbe interessante indagare il loro ruolo ecologico in questo particolare habitat.

Le analisi micologiche presentate in questo lavoro sono state effettuate su di un suolo che, basandosi sul tasso di respirazione, ha presentato l'indice massimo di qualità. I risultati ottenuti possono rappresentare una base di riferimento per studi che

prevedono rilievi in gradienti ecologici e necessitano di un paragone con una condizione di suolo cosiddetto non disturbato, a cui i risultati presentati vogliono riferirsi.

Ringraziamenti

Si ringraziano i seguenti colleghi del Dipartimento di Ecologia del Territorio dell'Università di Pavia: prof. Giuseppe Caretta per gli utili suggerimenti tassonomici; prof. Riccardo Groppali per le note riguardanti gli insetti nel suolo; dott.ssa Giulia Vercesi e dott. Mauro Perracino per i dati e i materiali forniti sulla Riserva Integrale Siro Negri. La ricerca è stata supportata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Generale per la Protezione della Natura.

BIBLIOGRAFIA

- BARETTA F., 2007, *Analisi sul micobioti del suolo e della lettiera nella riserva integrale Siro Negri: aspetti quali-quantitativi e funzionali*. Tesi di Laurea specialistica, Università di Pavia.
- BARRON G. L., 2003, *Predatory fungi, wood decay and the carbon cycle*, Biodiversity, Vol. IV.
- CARCHIDI M., 1996-1997, *Rimboscamenti al Centro Parco di Cascina Venara nel comune di Zerbolò (PV)*, Tesi Sperimentale di Laurea, Università di Pavia.
- CAVARA F., 1896, *Fungi Longobardiae exsiccati* 5: fasc. 240.
- DACKMAN C., JANSSON H.-B. AND NORDBRING B., 1992, Nematophagous fungi and their activities in the soil. In *Soil biochemistry*, Vol. 7, Stotzky G. and Bollag J. M. (eds.), Marcel Dekker, New York: 95-122.
- DIX J. N. AND WEBSTER J., 1995, *Fungal ecology*, Chapman & Hall, London, UK.
- DOMSCH K. M., GAMS W., ANDERSON T. H., 1980, *Compendium of soil fungi*, Academic Press, London, UK.
- EASH N. S., STAHL P. D., PARKIN T. B. AND KARLEN D. L., 1996, *A simplified method for extraction of ergosterol from soil*, Soil Sci. Soc. Am. J., vol. 60.
- FERRIGNO A., 2000, *Macromiceti della Riserva Naturale Integrale "Bosco Siro Negri"*, Tesi Sperimentale di Laurea, Università di Pavia.
- FERRIGNO A., BURATTI C., LAGANÀ A., BERNICCHIA A., SAVINO E., 2002, *Riserva integrale e conservazione della biodiversità macromicetica: esempio del bosco Siro Negri (Pavia-Italia)*, Incontro SBI, Gruppo di lavoro "Conservazione della natura", Cogoletto (SV) 21-22 giugno 2002.
- FURLANETTO D., 2002, *Atlante della biodiversità nel Parco del Ticino*, Consorzio Lombardo Parco della Valle del Ticino. Volume 1. Elenchi sistematici.
- GAMS W., 1988, A contribution to the knowledge of nematophagous species of *Verticillium*. *Netherl. J. Pl. Pathol.* 94: 123-148.
- GAMS W. & BISSET J., 1998, Morphology and identification of *Trichoderma*. In *Trichoderma & Gliocladium. Basic biology, taxonomy and genetics*, Kubicek C. P. & Harman G. E. (Eds.), Taylor & Francis, T.J. International, Padstow, UK.
- GAMS W., HOEKSTRA E.S., APTROOT A., 1998. CBS course of Mycology. Centraalbureau voor Schimmelcultures, The Netherlands.
- GRAY N. F. & BAILEY F., 1985, *Ecology of nematophagous fungi: vertical distribution in a deciduous woodland*, Plant and soil, 86: 217-223.
- KJØLLER A. & STRUWE S., 1992, Functional groups of microfungi in decomposition. In *The fungal community*, 2nd edition, Mycology vol. 9, Carroll C. Georges & Wicklow T. Donald (eds.), Marcel Dekker Inc., New York, USA: 619-630.
- McKENZIE J.D. & GOLDMAN R.N., 1999, The student edition of Minitab for Windows 95 and Windows NT. Addison-Wisley, Reading.
- MENDES B., URBANO P., ALVES C., MORAIS J., LAPA N., OLIVEIRA J. S., 1998, *Fungi as environmental microbiological indicators*, Wat. Sci. Tech., 38: 155-162
- MILANESI A., 2002, *Micromiceti della lettiera del Bosco "Siro Negri" riserva naturale integrale dell'Università di Pavia*, Tesi Sperimentale di Laurea, Università di Pavia.
- NEWELL Y. S., 1992, Estimating fungal biomass and productivity in decomposing litter. In *The fungal community*, 2nd edition, Mycology vol. 9, Carroll C. Georges & Wicklow T. Donald (eds.), Marcel Dekker Inc., New York, USA: 521-561.
- NIAMKE J. M. & WANG N. S., 2004, Cellulose degradation by fungi. In *Fungal biotechnology in agricul-*

- tural, food, and environmental applications*, Mycology vol.21, Arora Dilip K. (ed), Marcel Dekker, New York, USA: 363-373.
- PANKHURST C. E., ROGERS S. L. AND GUPTA V. V. S. R., 1998, Microbial parameters for monitoring soil pollution. In *Environmental biomonitoring. The biotechnology ecotoxicology interface*, Lynch J. M. and Wiseman A. (eds.), Biotechnology research series, Cambridge University Press: 47-69.
- PELLIZZARI F., 1972, *Ecologia dei funghi del suolo. Osservazioni sulla microflora fungina del "Bosco Negri"*, Tesi di Laurea, Università di Pavia.
- PICCO A. M., RODOLFI M., SARTORI F., 2006, Micromiceti della vegetazione della Riserva Naturale Integrale "Bosco Siro Negri". In *Riassunti XVI Convegno Nazionale di Micologia*, Firenze 4-5-6 dicembre 2006.
- ROVIDA F., 1999, *Micromiceti di Alnus glutinosa (L.) Gaertner, Populus nigra L. e Ulmus minor Miller piante del Bosco G. Negri (Pavia)*, Tesi Sperimentale di Laurea, Università di Pavia.
- SARTORI F., 1992, *Utilizzo delle macchie seriali di vegetazione negli interventi di ricostruzione della copertura vegetale naturale spontanea*, Verde ambiente, suppl. 6.
- SARTORI F., BOTTESINI D., MAGNA F., 1992, *Primi risultati di rimboschimenti nel Parco Lombardo della Valle del Ticino*, Verde ambiente, suppl. 6.
- SCHEU S. & PARKINSON D., 1994, *Changes in bacterial and fungal biomass C, bacterial and fungal biovolume and ergosterol content after drying, remoistening and incubation of different layers of cool temperate forest soils*, Soil Biol. Biochem, 26: 1515-1525
- SMITH J. L. & PAUL E. A., 1986, Terrestrial ecosystem; the role of soil type and vegetation on microbial biomass and activity. In *Perspectives in microbial ecology*, Megušar F. & Gantar M. (eds.), Slovene Society for Microbiology, Ljubljana.
- SOLARI N., 2003, *Funghi cheratinofili e cheratinolitici isolati da terra in un querceto misto del Parco del Ticino e realizzazione della check-list delle specie cheratinofile e cheratinolitiche italiane*, Tesi di Dottorato, Università di Pavia.
- THORN & BARRON, 1984, *Carnivorous mushrooms*, Science, 224: 76 – 78.
- USDA, 1999, *Soil quality test kit guide*, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute.
- VAN VEEN J. A. & VAN ELSAS J. D., 1986, Impact of soil structure and texture on the activity and dynamics of the soil microbial population. In *Perspectives in microbial ecology*, Megušar F. & Gantar M. (eds.), Slovene Society for Microbiology, Ljubljana.
- WHITE N. A., 2004, The importance of wood-decay fungi in forest ecosystems. In *Fungal biotechnology in agricultural, food, and environmental applications*, Mycology vol.21, Arora Dilip K. (eds.), Marcel Dekker, New York, USA: 375-392.
- ZANARDINI M., 1999, *Micromiceti di alcune piante arboree ed erbacee del Bosco G. Negri (Pavia)*, Tesi sperimentale di Laurea, Università di Pavia.

