

COMUNITÀ MICROBICHE SU LEGNO MORTO DI *ABIES ALBA* MILL. NELLA FORESTA DI VALLOMBROSA

(*) Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta, Università degli Studi di Firenze

(**) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi di Firenze

(***) Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze

Il presente lavoro è stato realizzato nella Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa con l'obiettivo di esaminare le comunità microbiche su legno morto di *Abies alba* Mill. in suolo forestale. A questo scopo è stato condotto un rilievo su un popolamento di abete finalizzato a quantificare il legno morto presente e a classificare il suo stato di decomposizione. In laboratorio è stata inoltre eseguita un'analisi molecolare di *fingerprinting* genetico delle comunità microbiche su campioni di legno, lettiera e suolo. Il volume totale di legno morto è risultato di 93 metri cubi a ettaro. Il 15% della massa osservata appartiene alle classi di degradazione più avanzate. L'analisi della composizione della comunità fungina ha evidenziato una diversità elevata nei *fingerprinting* del suolo e della lettiera, mentre nei profili della corteccia la diversità è risultata inferiore. La composizione della comunità eubatterica è risultata piuttosto omogenea fra i campioni esaminati, mentre lo studio degli Actinomiceti ha evidenziato una maggiore variabilità. In questo caso, i profili più ricchi sono risultati quelli della lettiera e del legno morto a diretto contatto con la lettiera.

Parole chiave: *Abies alba* Mill., legno morto, analisi molecolare, comunità microbiche.

Key words: *Abies alba* Mill., dead wood, molecular analysis, microbial communities.

Mots clés: *Abies alba* Mill., bois mort, analyse moléculaire, communauté microbienne.

1. INTRODUZIONE

Il legno morto è un'importante componente strutturale e funzionale degli ecosistemi forestali; esso fornisce riparo e fonte di sostentamento per numerose specie di organismi (Harmon *et al.*, 1986). Il legno morto favorisce la rinnovazione naturale della foresta (Ježek, 2004; Motta *et al.*, 2006) e contribuisce allo stoccaggio del carbonio (Harmon *et al.*, 2004; Morelli *et al.*, 2007), mentre la decomposizione dei tessuti legnosi operata da insetti, funghi e batteri consente il rilascio di sostanze utili al suolo (Means *et al.*, 1992; Laiho e Prescott, 1999). Considerata la sua rilevanza ecologica, il legno morto è uno degli indicatori scelti per valutare lo stato degli ecosistemi e la sostenibilità della gestione forestale (MCPFE, 2003; EEA, 2007).

In ambiente mediterraneo sono ancora poche le informazioni disponibili sul legno morto in foresta. In Italia, le esperienze condotte per approfondire tali conoscenze sono piuttosto recenti e sono rivolte, nella maggioranza dei casi, alla valutazione di diverse tecniche di rilievo (Travaglini *et al.*, 2006; Travaglini *et al.*, 2007) e alla quantificazione del volume di necromassa in foreste gestite e non, incluso la caratterizzazione dei livelli di decadimento del legno morto (La Fauci *et al.*, 2006; Marchetti e Lombardi, 2006; Barreca *et al.*, 2008; La Fauci e Mercurio, 2008; Lombardi *et al.*, 2008).

In questo lavoro si è voluto estendere le analisi agli aspetti connessi con la diversità delle comunità microbiche legate alla presenza di legno morto in bosco. L'area di studio scelta è la foresta di Vallombrosa che da decenni costituisce un luogo dedicato alla ricerca e alla sperimentazione nel settore delle scienze forestali. Questa foresta, oggi Riserva Naturale Statale Biogenetica, costituisce un ambito di lavoro preferenziale per ampliare le conoscenze sulla biodiversità dei boschi appenninici.

Obiettivo di questo studio è l'esame delle comunità microbiche su legno morto di *Abies alba* Mill. in suolo forestale. A questo scopo è stato selezionato un popolamento di abete bianco sul quale sono stati condotti rilievi volti a caratterizzare gli aspetti quantitativi e qualitativi del legno morto presente. In laboratorio è stata eseguita un'analisi molecolare per determinare la diversità fungina, batterica ed in particolare degli Actinomiceti su campioni di legno, lettiera e suolo.

2. MATERIALI E METODI

La Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa è situata nel Comune di Reggello, in Provincia di Firenze. Essa occupa una superficie di 1272,99 ha a quote comprese tra 470 e 1440 m s.l.m.

Le condizioni climatiche medie della foresta riferite al periodo 1980-2002 possono essere così sintetizzate: la temperatura media annua è di 9,7°C, con temperature medie mensili minime in febbraio (2,1°C) e massime in agosto (19,0°C); per quanto riguarda le precipitazioni si registrano valori medi annui di 1337,0 mm, con piogge medie mensili minime in luglio (51,1 mm) e massime in ottobre (175,4 mm). Il regime climatico è di tipo mediterraneo. Le precipitazioni nevose sono frequenti in inverno, ma la neve persiste a terra per periodi relativamente brevi.

La foresta di Vallombrosa è situata su rocce sedimentarie della formazione del Macigno del Chianti. I suoli includono differenti famiglie di *Umbrepts* e *Dystrachrepts* della classificazione USDA Soil Taxonomy (1990). Sono presenti soprattutto suoli bruni, anche se alcuni tratti della foresta presentano suoli con caratteri *podzolici*, probabilmente *spodosuoli* della classificazione USDA (Sanesi, 1994).

A Vallombrosa la vegetazione forestale è composta so-

prattutto da abetine (669,05 ha), faggete (197,38 ha), pinete di pino nero e laricio (149,21 ha) e boschi misti di latifoglie (119,90 ha). Inoltre, sono presenti soprassuoli di castagno (38,39 ha), douglasia (29,94 ha), abete rosso (5,21 ha) e pino silvestre (3,72 ha).

2.1 Rilievi

I rilievi del legno morto sono stati eseguiti nel 2005 nella UC 410 – UC: unità colturale, ex-particella forestale secondo il Piano di Gestione forestale 2006–2025 (Ciancio, 2007). L'UC è situata su una pendice moderata a una quota di 1163 m s.l.m. L'esposizione prevalente è sud sud ovest. All'interno di questa area sono presenti diverse tipologie di legno morto in differenti stadi di decomposizione.

L'UC 410 è caratterizzata da una fustaia artificiale di abete bianco che al momento dei rilievi aveva una età di 59 anni. Il faggio è presente allo stato sporadico. La copertura del soprassuolo è monoplana con profilo uniforme. La densità del popolamento non è omogenea. Nella parte centrale della UC si trovano abeti morti in piedi e vuoti dovuti a schianti che hanno determinato l'accumulo di legno a terra. Nella parte bassa si trova un gruppo di douglasia a densità eccessiva. Lo strato erbaceo all'interno della UC è scarso ed è composto da *Sanicula europaea* L., *Hieracium muro-rum* L., rovo e felce. È presente rinnovazione di abete e faggio in quantità modesta. Il soprassuolo in esame non è stato sottoposto ad interventi selvicolturali da alcuni decenni.

Nella parte centrale della UC è stata realizzata un'area di saggio configurata secondo lo schema adottato nell'ambito del progetto europeo ForestBIOTA (ForestBIOTA, 2004). L'area è costituita da un *plot* di forma quadrata di lato pari a 50 m. All'interno del *plot* è situato un *cluster* di 4 *subplots* circolari di raggio pari a 7 m. I quattro *subplots* sono posizionati in corrispondenza dei vertici di un quadrato di lato pari a 26 m, centrato in corrispondenza del centro geometrico del *plot* di 50 m di lato (Figura 1).

All'interno del *plot* è stato effettuato il censimento integrale degli alberi morti in piedi – compresi gli alberi spezzati o *snags* – e degli alberi morti a terra con diametro a 1,3 m dalla base del fusto uguale o superiore a 5 cm. Le ceppaie e altri pezzi di legno a terra – rami e porzioni di fusto a terra – sono stati rilevati all'interno dei 4 *subplots*. Per quanto riguarda le ceppaie, che sono state classificate tali se di altezza inferiore a 1,3 m, è stato considerato un diametro minimo di 10 cm misurato all'altezza del taglio o nel punto di rottura del fusto. I pezzi di legno a terra sono stati rilevati se di diametro uguale o superiore a 5 cm nella parte più grossa del pezzo.

Gli attributi misurati per la determinazione dei volumi delle diverse tipologie di legno morto sono: a) il diametro a 1,3 m dalla base del fusto e l'altezza degli alberi morti in piedi e a terra; b) la lunghezza e il diametro a metà lunghezza dei pezzi di legno a terra; c) il diametro all'altezza del taglio o nel punto di rottura del fusto e l'altezza delle ceppaie; d) nel caso di alberi spezzati di altezza superiore a 4 m, sono stati misurati il diametro a 1,3 m dalla base, l'altezza dell'albero spezzato e l'altezza totale di una pianta intera vicina, della stessa specie e di diametro simile alla pianta spezzata; nel caso di alberi stroncati di altezza uguale o inferiore a 4 m, sono stati misurati l'altezza e il diametro a metà altezza della pianta stroncata. Inoltre, per ogni

elemento di legno morto rilevato è stata identificata la specie di appartenenza ed è stato classificato lo stadio di decomposizione secondo cinque classi di decadimento proposte da Hunter (1990).

2.2 Stima del volume di legno morto

I singoli volumi degli alberi morti in piedi e a terra sono stati calcolati utilizzando le tavole di cubatura a doppia entrata del primo Inventario Forestale Nazionale (Castellani *et al.*, 1984). Nel caso di piante spezzate di altezza superiore a 4 m, il volume è stato stimato applicando un fattore di riduzione (stabilito sulla base della relazione tra diametro e altezza misurati su piante vicine della stessa specie) al volume intero letto sulla tavola. Il volume delle piante spezzate di altezza uguale o inferiore a 4 m e il volume delle ceppaie e dei pezzi di legno a terra è stato stimato assimilando questi elementi a dei cilindri.

Il volume in metri cubi degli alberi morti in piedi, delle piante spezzate e degli alberi morti a terra è stato sommato a livello del *plot* e trasformato in metri cubi a ettaro. Il volume in metri cubi delle ceppaie e dei pezzi di legno a terra, prima è stato sommato a livello di singolo *subplot* e trasformato in metri cubi a ettaro, poi, il volume in metri cubi a ettaro a livello del *plot* è stato calcolato come media dei volumi stimati a livello dei *subplots*.

2.3 Analisi delle comunità microbiche

I campioni di abete da utilizzare per le analisi molecolari sono stati prelevati da un pezzo di fusto a terra, di dimensione diametrica di circa 10 cm, scelto casualmente all'interno della UC 410. Su di esso sono stati estratti campioni di corteccia e di legno a diversi strati. I campioni di lettiera e di suolo sono stati raccolti a diverse profondità sotto il pezzo di legno prescelto (Figura 2). L'elenco completo dei campioni prelevati per le analisi di laboratorio è riportato in Tabella 1.

Le analisi di laboratorio sono state condotte privilegiando i metodi molecolari, che permettono lo studio dei campioni di legno, lettiera e suolo senza necessità di coltivazione dei microrganismi *in vitro*.

Il DNA totale è stato estratto mediante FastDNA® *kit for soil* per i campioni costituiti da terreno e Kit FastDNA® per i campioni provenienti da materiale vegetale e da elementi legnosi. I tessuti più resistenti (tessuti legnosi) hanno subito due ulteriori cicli di disaggregazione meccanica.

Le analisi qualitative e quantitative del DNA totale estratto sono state effettuate rispettivamente mediante elettroforesi su gel (1x Tris Acetate EDTA buffer; 1:10000 Et-Br; 0,8% w/v; 100 V 60 min) e mediante tecnica fluorimetrica (Hoefler™DyNA Quant™).

2.4 DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) sulla comunità fungina (18S rDNA)

Sul DNA totale estratto sono state effettuate analisi molecolari, volte a evidenziare modificazioni nelle comunità microbiche dominanti presenti nel legno, nella lettiera e nel suolo. In particolare, sono state esaminate le comunità fungine, eubatteriche e degli Attinomiceti.

Per quanto riguarda la comunità fungina, lo *screening* è stato effettuato tramite DGGE su prodotti di *nested* PCR sul 18S rDNA. La prima coppia di *primers* è NS1f/NS8r, la seconda, *nested*, con la coppia EF4f/NS3-gc le cui con-

dizioni di reazione sono descritte in Renella *et al.* (2008). La prima amplificazione genera un prodotto di 1700 bp mentre la seconda un prodotto di circa 500 bp. Il DNA stampo per la prima amplificazione è pari a 40 ng; per la seconda si usano 2 µl degli ampliconi precedenti.

La DGGE dei prodotti di *nested* PCR (150 ng), è stata eseguita su gel di poliacrilammide al 10% con un gradiente denaturante di 30-45% (Acrylamide/bisacrylamide 37.5:1, Biorad; 20x20 cm; 1mm; 7 M urea and 40% formamide – 100% denaturant) a 60°C, 85V per 17 ore utilizzando il DCode system Biorad (Renella *et al.*, 2008).

2.5 DGGE sulla comunità eubatterica (16S rDNA)

Nel caso della comunità eubatterica, la DGGE è stata eseguita sugli amplificati del 16S rRNA ottenuti con la coppia di *primers* gc-968f/UNI1401r nelle condizioni descritte in Renella *et al.* (2008). Gli ampliconi ottenuti, di circa 473 bp sono stati analizzati (100 ng) su gel di poliacrilammide al 6% (Acrylamide/bisacrylamide 37.5:1, Biorad; 20x20 cm; 1mm) a gradiente denaturante di 46-56% a 60°C, 70V per 16 ore su DCode system Biorad.

2.6 DGGE sulla comunità di Attinomiceti (16S rDNA)

L'analisi delle comunità di Attinomiceti è stata condotta mediante DGGE su prodotti di *half nested* PCR sul 16S rDNA. I *primer* 243f-1401r e f 968gc-1401 r sono stati utilizzati per generare un amplicone finale di 473 bp. Le condizioni di amplificazione sono quelle descritte da Heuer *et al.* (1997). La DGGE è stata effettuata con 100 ng di DNA su gel di poliacrilammide al 10% con un gradiente denaturante di 30-45% (Acrylamide/bisacrylamide 37.5:1, Biorad; 20x20 cm; 1mm) a 60°C, 85V per 17 ore su DCode system Biorad.

3. RISULTATI E DISCUSSIONI

La stima del volume totale di legno morto è di 93 metri cubi a ettaro. Esso è costituito per il 44% da pezzi di legno a terra – nella fattispecie, nella maggioranza dei casi riguarda porzioni di fusto a terra – per il 33% da alberi morti in piedi e per il 18% da alberi morti a terra. Gli alberi spezzati e le ceppaie rappresentano, rispettivamente, il 3% e il 2% del volume totale (Figura 3). La necromassa legnosa è composta per oltre il 90% da elementi di diametro superiore a 10 cm. Il 15% del volume appartiene alle classi di decomposizione più avanzate del sistema di classificazione di Hunter (classi 4 e 5).

Il legno morto rilevato nella UC 410 della foresta di Vallombrosa è stato prodotto dalle tempeste di vento che colpiscono con maggiore frequenza le zone della Riserva più vicine alla linea di crinale. La presenza di agenti fungini, in particolare *Armillaria* sp. e *Heterobasidion abietinum* Niemelä e Korhonen, riscontrati a Vallombrosa in numerosi soprassuoli di abete (Farina *et al.*, 1990), probabilmente ha contribuito a ridurre la stabilità del popolamento all'azione dei venti, determinando un accumulo di necromassa piuttosto elevato se confrontato con i risultati ottenuti in altri boschi di abete dell'Appennino centrale. A esempio, Lombardi *et al.* (2008) hanno riscontrato volumi medi di legno morto a ettaro di circa 16 metri cubi in soprassuoli di abete gestiti e di circa 36 metri cubi in soprassuoli non gestiti da alcuni decenni, anche se tali valori presentano una certa variabilità

soprattutto nel caso di abetine non gestite. Le analisi eseguite per determinare la diversità microbica di abete, lettiera e suolo sono state effettuate sul DNA totale estratto dai campioni. Per una migliore interpretazione delle DGGE, i profili sono stati riportati anche in modo schematico come proposto da Ceccherini *et al.* (2008).

3.1 Composizione della comunità fungina

Il *fingerprinting* risulta molto ricco di bande ed estremamente diversificato fra i vari campioni; in particolare si evidenzia una banda comune a tutti a circa metà del gel. La ricchezza di bande rileva una elevata diversità nelle popolazioni dominanti. Confrontando tra loro i diversi campioni, prima nell'ambito dello stesso materiale, poi tra materiali diversi, si osserva che i profili più ricchi sono quelli del suolo (campioni H e I) e della lettiera (campioni F e G). Infatti, essi mostrano delle bande caratteristiche di ciascun campione (Figura 4). Paragonando tra loro i diversi materiali, si osserva che l'abbondanza relativa delle popolazioni fungine decresce secondo la sequenza suolo-lettiera-corteccia-legno. Ciò dimostrerebbe la selettività del substrato. Del resto, sono poche le specie estremamente specializzate che possono vivere nel legno rispetto a quelle che proliferano nel suolo, una matrice ben più ricca di nutrienti (Florenzano, 1991).

3.2 Composizione della comunità eubatterica

I *fingerprinting* eubatterici mostrano un'alta similarità e un minor numero di bande rispetto alla comunità fungina (dati non mostrati).

3.3 Composizione degli Attinomiceti

Tutti i profili presentano bande che caratterizzano ciascun campione (Figura 5). I profili più ricchi sono quelli della lettiera (campione E) e della corteccia esterna (campione A); quest'ultima presenta una composizione diversa da quella della corteccia interna (campione B). Inoltre è interessante notare che la composizione degli Attinomiceti nel legno a contatto con la lettiera (campione E) e nella lettiera superficiale (campione F) sono molto simili con molte bande in comune. I profili della lettiera superficiale (campione F) e di quella profonda (campione G), invece, evidenziano delle differenze, infatti, quest'ultima ha una composizione più simile a quella del suolo superficiale (campione H) con il quale è a diretto contatto.

4. CONCLUSIONI

In questo lavoro è stato esaminato il legno morto in una fustaia di abete della Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa. Lo studio ha riguardato la stima del volume di legno morto, la caratterizzazione degli stadi di decomposizione della necromassa e l'analisi delle comunità microbiche dominanti su campioni di legno, lettiera e suolo.

Nelle condizioni esaminate, l'accumulo di necromassa è stato determinato dall'azione dei venti che hanno agito su un popolamento di origine artificiale la cui stabilità è stata condizionata dalla mancanza di cure colturali e da attacchi biotici. Il legno morto rilevato presenta stadi di decomposizione diversificati ma prevalgono elementi nelle prime fasi di degradazione.

Per quanto riguarda lo studio delle comunità microbiche,

l'analisi sul 18S rRNA mediante DGGE ha evidenziato una comunità fungina molto varia e tipica di ogni campione. La maggiore ricchezza di sequenze, e quindi, di generi e specie fungine, si rivela nel suolo e nella lettiera. L'abbondante presenza di sostanza organica in questi substrati (Nannipieri *et al.*, 2003) rende ragione di tale risultato. I campioni delle cortecce e del legno, invece, mostrano una minor diversità microbica negli stadi degradativi osservati, e ciò può essere dovuto, soprattutto per quanto ri-

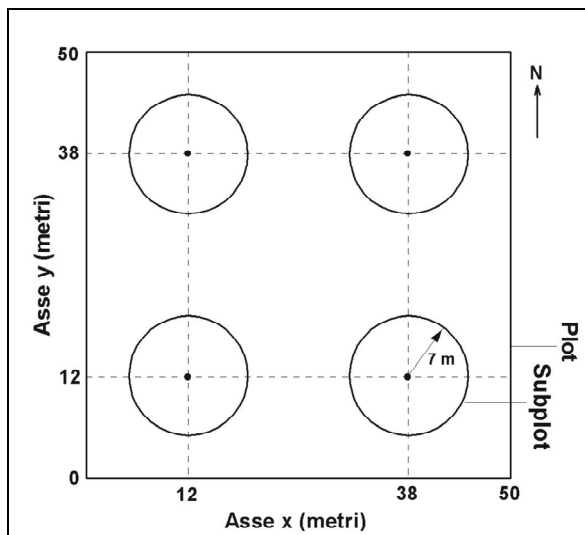


Figura 1. Schema di rilevamento del legno morto.
Figure 1. Dead wood survey scheme.
Figure 1. Système de relevé du bois mort.

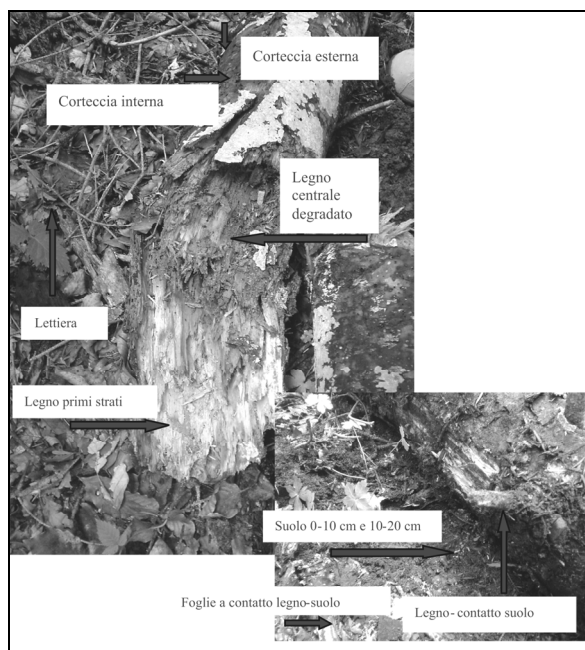


Figura 2. Campioni di legno, lettiera e suolo sottoposti all'analisi molecolare.
Figure 2. Samples of wood, litter and soil used for molecular analysis.
Figure 2. Échantillons de bois, litière et sol employés pour l'analyse moléculaire.

guarda il legno, alla crescita solo di microrganismi più specializzati.

L'analisi sulla comunità eubatterica ha mostrato una minore diversità rispetto a quella della comunità fungina. In particolare, nello studio degli Attinomiceti, i campioni mostrano una maggior diversità nel legno centrale e nella lettiera superficiale rispetto agli altri campioni, probabilmente a causa della qualità del substrato.

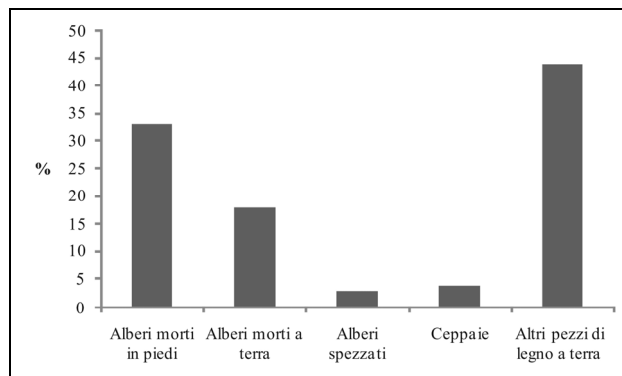


Figura 3. Ripartizione (in percentuale) del volume totale in tipologie di legno morto.
Figure 3. Partition of dead wood component types (in percentage of the total volume of dead wood).
Figure 3. Répartition (en pour-cent) du volume total en types de bois mort.

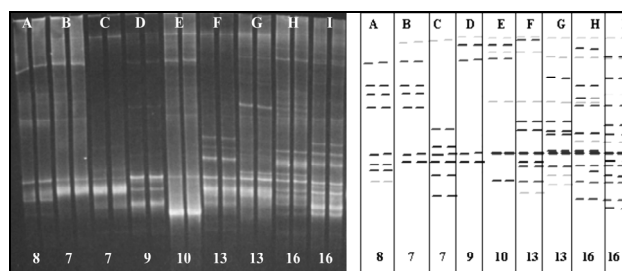


Figura 4. DGGE della comunità fungina. Il numero di bande è indicato sotto ciascun *fingerprinting*. A: corteccia esterna; B: corteccia interna; C: legno dei primi strati; D: legno centrale degradato; E: legno a contatto con la lettiera; F: primi strati della lettiera; G: secondo strato di lettiera vicino al suolo; H: orizzonte A; I: suolo.
Figure 4. DGGE of fungal community. The number of bands is shown under each fingerprinting. A: external bark; B: inner bark; C: first strata of wood; D: inner decayed wood; E: wood in contact with the litter; F: first strata of litter; G: first stratum of litter close to the soil; H: horizon A; I: soil.
Figure 4. DGGE de la communauté de champignons. Le nombre de bandes est indiqué sous chaque *fingerprinting*. A: écorce extérieure; B: écorce interne; C: bois des premières couches; D: bois central décomposé; E: bois au contact de la litière; F: premières couches de la litière; G: deuxième couche de la litière voisine du sol; H: horizon A; I: sol.

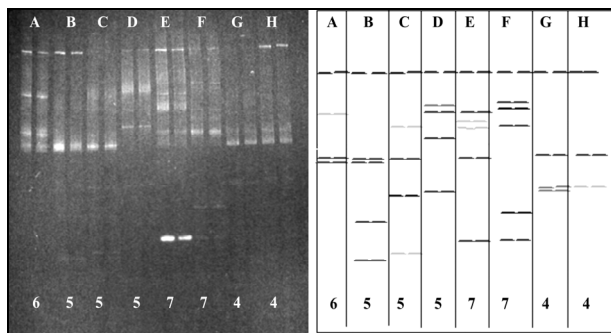


Figura 5. DGGE degli Actinomiceti. Il numero di bande è indicato sotto ciascun *fingerprinting*. A: corteccia esterna; B: corteccia interna; C: legno dei primi strati; D: legno centrale degradato; E: Legno a contatto con la lettiera; F: Primi strati della lettiera; G: secondo strato di lettiera vicino al suolo; H: orizzonte A.

Figure 5. DGGE of Actinomycetes. The number of bands is shown under each *fingerprinting*. A: external bark; B: inner bark; C: first strata of wood; D: inner decayed wood; E: wood in contact with the litter; F: first strata of litter; G: first stratum of litter close to the soil; H: horizon A.

Figure 5. DGGE des Actinomycètes. Le nombre de bandes est indiqué sous chaque *fingerprinting*. A: écorce extérieure; B: écorce interne; C: bois des premières couches; D: bois central dégradé; E: bois au contact de la litière; F: premières couches de la litière; G: deuxième couche de la litière voisine du sol; H: horizon A.

Campione	Descrizione
A	Corteccia esterna a contatto con l'aria
B	Corteccia interna
C	Legno dei primi strati sotto corteccia non degradato
D	Legno centrale degradato
E	Legno a contatto con la lettiera
F	Primi strati della lettiera
G	Secondo strato di lettiera vicina al suolo
H	Orizzonte A
I	Suolo

Tabella 1. Elenco dei campioni sottoposti all'analisi molecolare.

Table 1. List of the samples used for molecular analysis.

Tableau 1. Liste des échantillons employés pour l'analyse moléculaire.

SUMMARY

MICROBIAL COMMUNITIES ON DEAD WOOD OF *ABIES ALBA* MILL. IN THE FOREST OF VALLOMBROSA

This study was carried out in the National Nature Reserve of Vallombrosa in order to examine the microbial communities on dead wood of *Abies alba* Mill. To this aim the total volume of dead wood and the decay levels were surveyed in a silver fir stand. A molecular analysis of genetic *fingerprinting* of the microbial communities on samples of wood, litter and soil was carried out in laboratory. The total volume of dead wood was 93 cubic metres per hectare. High decay classes corresponded to the 15% of the total volume of dead wood. The analysis of the fungal community revealed a diversity in the *fingerprinting* of soil and litter samples higher than on bark samples. The eubacterial community as a whole, resulted quite homogeneous among examined samples. The study of Actinomycetes revealed a higher variability among observed samples, and, in the litter and the wood in contact to the litter, were the highest richness.

RÉSUMÉ

COMMUNAUTÉ MICROBIENNE SUR BOIS MORT D'*ABIES ALBA* MILL. EN FORÊT DE VALLOMBROSA

Cette activité a été réalisée au sein de la réserve naturelle de Vallombrosa avec l'objectif d'étudier les communautés microbiennes sur le bois mort d'*Abies alba* Mill. À cet effet un relevé a été effectué sur une futaie de sapin blanc pour estimer le volume de bois mort et en classer l'état de décomposition. En laboratoire, une analyse moléculaire de *fingerprinting* génétique des communautés microbiennes sur des échantillons de bois, de litière et de sol a été exécutée. Le bois mort a représenté un volume total de 93 mètres cubes par hectare. Les classes de décomposition plus élevées correspondaient à 15% du volume total. Les analyses de la composition de la communauté de champignons a mis en évidence une diversité élevée dans les *fingerprinting* du sol et de la litière, alors que dans les profils de l'écorce la diversité s'est démontrée inférieure. La composition de la communauté des eubactéries était plutôt homogène au sein des échantillons examinés, alors que l'étude des Actinomycètes a mis en évidence une variabilité majeure. Dans ce cas, les profils les plus riches étaient ceux de la litière et du bois mort en contact avec la litière.

BIBLIOGRAFIA

- Barreca L., Cutini A., Mercurio R., 2008 – *Caratterizzazione della necromassa in boschi di farnetto* (Quercus frainetto Ten.) della Calabria. Forest@, 5: 187-194.
- Castellani C., Scrinzi G., Tabacchi G., Tosi V., 1984 – *Inventario Forestale Nazionale Italiano (I.F.N.I.). Tavole di cubatura a doppia entrata*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Direzione Generale per l'Economia Montana e per le Foreste. Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura (I.S.A.F.A.). Trento.
- Ceccherini M.T., Ascher J., Agnelli A., Certini G., Pietramellara G., Piovaneli C., Nannipieri P., 2008 – *Tree bark and soil ammonia oxidizers: a molecular study on a historical forest of central Italy*. Fresenius Environmental Bulletin 17, 882-889.
- Ciancio O., 2007 – *La Riserva Naturale Statale Biogenetica di Vallombrosa. Piano di Gestione e Silvomuseo: 2006-2025*. In corso di pubblicazione.
- EEA, 2007 – *Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe*. EEA Technical report, 11. p. 182.
- Farina P., Capretti P., Mugnai L., 1990 – *Gruppi intersterili di Heterobasidion annosum: osservazioni nella Foresta di Vallombrosa*. L'Italia Forestale e Montana, 45 (5): 347-360.
- Florenzano G., 1991 – *Fondamenti di microbiologia del terreno*. IV ristampa. Reda, Roma.
- ForestBIOTA, 2004 – *ForestBIOTA (Forest Biodiversity Test-phase Assessments). Project Proposal under Regulation (EC) No 2152/2003 (Forest Focus) for the development of forest biodiversity monitoring (Art 6(2) monitoring test phase)*. Available: <http://www.forestbiota>.

- org/docs/ProjectProposal04.pdf via the INTERNET. Accessed 2008 September 10.
- Harmon M.E., Franklin J.F., Swanson F.J., Sollins P., Gregory S.V., Lattin J.D., Anderson N.H., Cline S.P., Aumen N.G., Sedell J.R., Lienkaemper G.W., Cromack K. jr, Cummins K.W., 1986 – *Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems*. *Advances in Ecological Research*, 15: 133-302.
- Harmon M.E., Bible K., Ryan M.G., Schaw D.C., Chen H., Klopatek J., Li X., 2004 – *Production, respiration and overall carbon balance in an old-growth Pseudotsuga-Tsuga forest ecosystem*. *Ecosystems*, 7: 498-572.
- Heuer H., Krsek M., Baker P., Smalla K., Wellington E.M., 1997 – *Analysis of actinomycete communities by specific amplification of genes encoding 16S rRNA and gel-electrophoretic separation in denaturing gradients*. *Applied and Environmental Microbiology*. *Am. Soc. Microbiol.*, Vol. 63, 8: 3233-3241.
- Hunter ML. 1990 – *Wildlife, forests, and forestry: principles of managing forests for biological diversity*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall. p. 370.
- Ježek K., 2004 – *Contribution of regeneration on dead wood to the spontaneous regeneration of a mountain forest*. *J. For. Sci.*, 50: 405-414.
- La Fauci A., Bagnato S., Gugliotta O.I., Mercurio R., 2006 – *Osservazioni preliminari sulla necromassa in popolamenti di pino laricio nel Parco Nazionale dell'Aspromonte*. *Forest@*, 3 (1): 54-62.
- La Fauci A., Mercurio R., 2008 – *Caratterizzazione della necromassa in cedui di castagno (Castanea sativa Mill.) nel Parco nazionale dell'Aspromonte*. *Forest@*, 5: 92-99.
- Laiho R., Prescott C.E., 1999 – *The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen, and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests*. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 1592-1603.
- Lombardi F., Lasserre B., Tognetti R., Marchetti M., 2008 – *Deadwood in Relation to Stand Management and Forest Type in Central Apennines (Molise, Italy)*. *Ecosystems*. DOI: 10.1007/s10021-008-9167-7.
- Marchetti M., Lombardi F., 2006 – *Analisi qualitativa del legno morto in soprassuoli non gestiti: il caso di «Bosco Pennataro», Alto Molise*. *Italia Forestale e Montana*, 4: 275-302.
- MCPFE, 2003 – *State of Europe's Forests 2003 - The MCPFE Reports on Sustainable Forest Management in Europe*. Vienna, Austria 2003.
- Means J.E., MacMillan P.C., Cromack K. Jr., 1992 – *Biomass and nutrient content of Douglas-fir logs and other detrital pools in an old-growth forest, Oregon, USA*. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 1536-1546.
- Morelli S., Paletto A., Tosi V., 2007 – *Il legno morto dei boschi: indagine sulla densità basale del legno di alcune specie del Trentino*. *Forest@*, 4 (4): 395-406.
- Motta R., Berretti R., Lingua E., Piussi P., 2006 – *Coarse woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps*. *Forest Ecology and Management*, 235: 155-163.
- Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M.T., Landi L., Pietramellara G., Renella G., 2003 – *Microbial diversity and soil functions*. *European Journal of Soil Science*, Vol. 54, 4: 655-670.
- Renella G., Landi L., Ascher J., Ceccherini M.T., Pietramellara G., Mench M., Nannipieri P., 2008 – *Long-term effects of aided phytostabilization of trace elements on microbial biomass and activity, enzyme activities and composition of microbial community in the Jales contaminated mine spoils*. *Environmental Pollution*, 152: 702-712.
- Sanesi G., 1994 – *Indagine sui terreni della Foresta di Vallombrosa*. In: "Piano di gestione multiuso della Foresta Demaniale di Vallombrosa". Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Direzione generale per l'Economia montana e per le foreste, Università degli studi di Firenze, Facoltà di agraria. D.M. n. 26/752/89 del 21-12-1989.
- Travaglini D., Mason F., Lopresti M., Lombardi F., Marchetti M., Chirici G., Corona P., 2006 – *Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots. V. Deadwood surveying experiments in alpine and mediterranean forest ecosystems*. *Ann. Ist. Sper. Selv.* - Vol. 30, Suppl. 2: 71-86.
- Travaglini D., Bottalico F., Brundu P., Chirici G., Minari E., 2007 – *Sampling deadwood within Bosco della Fontana*. In: Gianelle D., Travaglini D., Mason F., Minari E., Chirici G. & Chemini C. (eds.), *Canopy analysis and dynamics of a flood-plain forest*. *Rapporti Scientifici*, 3. Centro Nazionale per lo studio e la conservazione della Biodiversità Forestale, Bosco della Fontana, Cierre Grafica Editore, Verona: 59-68.