

## Funghi a sentinella

### Il monitoraggio dei macromiceti come indicatori della biodiversità forestale nelle Alpi

NICOLA LA PORTA<sup>(1)</sup>, MAURO CONFALONIERI<sup>(2)</sup>,  
MARCO DONINI<sup>(3)</sup>, ANDREA AIARDI<sup>(3)</sup> & MARCO FLORIANI<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> IASMA Centro Ricerca e Innovazione, Fondazione EDMUND MACH, Area Ambiente e Risorse Naturali,  
Via E. Mach 1, 38010 S. Michele all'Adige - nicola.laporta@iasma.it

<sup>(2)</sup> Servizio Foreste e fauna, Provincia Autonoma di Trento, Via Trener 3, 38100 Trento.

<sup>(3)</sup> Gruppo Micologico "GIACOMO BRESADOLA"  
c/o Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina, 14, C.P. 393, 38100 Trento



Fig. 1 – Come in quest'immagine, una nuova prospettiva guarda ai funghi come componenti ecosistemiche con valido ruolo di bioindicatori (foto: B. Benji, tratta del sito: //www.flickr.com).

### Un “nuovo” ruolo per i funghi

La ricerca biologica in campo ambientale si è rivolta negli ultimi anni sempre più all'integrazione dei diversi parametri biologici per il monitoraggio

degli ecosistemi; tra di essi, il monitoraggio dei macromiceti rappresenta senz'altro, per ricchezza e varietà di specie, un'importante componente.

Negli ultimi 30 anni sono state fornite molte evidenze di un impoverimento della flora micromicetica sia nell'Europa Centrale che Mediterranea (SENN-IRLET *et al.*, 2007). Questo fatto è stato interpretato come sintomo di disturbo alla stabilità ecologica degli ecosistemi forestali. La registrazione a lungo termine dei parametri fungini quantitativi in termini di composizione di generi e specie viene considerata particolarmente utile per l'accertamento precoce di danni forestali.

La diversità fungina è una delle componenti della biodiversità meno investigate negli ecosistemi terrestri. Stime della ricchezza delle specie fungine a scala globale variano da 0,5 a 9,9 milioni di specie presenti, ma al momento attuale solo 70.000 sono state descritte (HAWKSWORTH, 2001). Questo dato rende piuttosto difficoltosa la valutazione della biodiversità fungina negli ecosistemi e il suo monitoraggio nel tempo.

Pochi dati sono disponibili circa il tasso di estinzione delle specie fungine ed è probabile che le specie scompaiano ad un tasso più

elevato delle nuove descrizioni tassonomiche (HAWKSWORTH, 1991).

L'acquisizione e la conservazione dei dati di biodiversità delle specie fungine risultano compromesse dall'inadeguatezza delle conoscenze tassonomiche e dalla mancanza di un sufficiente numero di esperti (HAWKSWORTH 1991).

Molte specie fungine sono rappresentate da piccoli organismi e il rilievo della loro presenza spesso richiede l'utilizzo di tecniche speciali. Anche molti micromiceti che presentano uno sporoforo (carpoforo o corpo fruttifero) maggiore di 1 mm sono difficili da riconoscere sul campo (ARNOLDS, 1981). Inoltre, l'irregolare produzione degli sporofori associata con la loro natura effimera riduce fortemente il loro rilevamento negli ecosistemi naturali. In questo contesto risulta quindi urgente accumulare conoscenze sui modelli di distribuzione temporali e spaziali della biodiversità fungina per comprendere i cambiamenti a lungo termine delle comunità micetiche.



Fig. 2 – Se la ricercatezza edule rappresenta spesso l'approccio di base al mondo dei funghi, la fotografia può diventare lo strumento successivo per sottolinearne la pregevolezza di strutture ed il fascino come organismi viventi: qui una *Laccaria amethystina* (foto: E. van Hannen, tratta dal sito: [//www.flickr.com](http://www.flickr.com)).



Figg. 3 e 4 – Uno scorcio di pecceta in estate e di querceto di roverelle in primavera (foto: O. Negra).

### Il caso di studio: due peccete e due querceti

L'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, in stretta collaborazione con i Gruppi Micologici di Trento e Bolzano, si occupa del monitoraggio integrato in quattro località ove sono presenti aree protette di osservazione permanente rappresentative della situazione boschiva dell'intero territorio regionale: due peccete subalpine e due querceti termofili (MINERBI *et al.*, 1996; AMBROSI *et al.*, 1998; BONAVITA *et al.*, 1998). Due località sono inserite nell'ambito del programma nazionale CON.ECO.FOR. (Controllo degli Ecosistemi Forestali; ALLAVENA *et al.*, 1999) e tutte e quattro fanno

parte della rete europea ICP-IM (International Cooperative Programme - Integrated Monitoring).

All'interno dell'approccio interdisciplinare dell'ICP-IM (KLEMOLA E FORSIUS, 1998) uno dei sottoprogrammi è focalizzato sullo studio degli inventari vegetazionali di cui la componente micetica rappresenta una delle parti importanti (LA PORTA *et al.*, 2002, 2003, 2005). Lo studio e il monitoraggio dei macromiceti di un ecosistema è considerato un utile bioindicatore per valutare fenomeni di *stress* in soprassuoli forestali (PEINTNER E MOSER, 1996).

Sito	Renon/Ritten (IT01)	Monticolo/Montiggl (IT02)	Lavazè (Passo) (IT03)	Pomarolo-Servis (IT04)
Coordinate geografiche	46°35'N 11°26'E	46°25'N 11°17'E	46°21'N 11°29'E	45°56'N 11°03'E
Altitudine	1750 m s.l.m.	530 m s.l.m.	1780 m s.l.m.	670 m s.l.m.
Temperatura media annua	+4.1 °C	+11.4 °C	+3.9 °C	+11.0 °C
Precipitazione media annua	970 mm	800 mm	1100 mm	1150 mm
Substrato litologico	Porfidi quarzosi	Porfidi quarzosi	Porfidi quarzosi	Calcari giurassici e cretacei
Tipo di suolo	Podzol	Acid brown soil	Podzol	Cambisol
Zona vegetazionale	<i>Picetum subalpinum</i>	<i>Quercetum pubescentis</i>	<i>Picetum subalpinum</i>	<i>Quercetum pubescentis</i>
Specie arboree	peccio, larice, cirmolo	querce, pino silvestre, peccio, altre latifoglie	peccio, cirmolo	querce, frassino, carpino, peccio, pino silvestre, larice

Tab.1 - Principali caratteristiche dei siti del monitoraggio permanente.

Al fine di caratterizzare più dettagliatamente le quattro località in esame, il numero delle specie micetiche, la loro abbondanza relativa e la loro variabilità negli anni (1993-2007), tra località e all'interno delle località, sono state analizzate, confrontando tra loro diversi indici di biodiversità, raggruppando le località con l'*Analisi a Cluster* e con l'*Analisi delle Componenti Principali* e utilizzando sia dati qualitativi che quantitativi.

### Come si è operato...

Il numero di specie fungine, la loro frequenza e biomassa sono stati rilevati nel periodo da marzo a novembre per 15 anni (1993-2007) mediante raccolte settimanali effettuate in quattro località forestali del monitoraggio permanente ICP-IM del Trentino-Alto Adige: Lavazè e Renon, rappresentative della pecceta subalpina vicino al limite vegetazionale dell'abete rosso, e Pomarolo e Monticolo, situate rispettivamente nelle zone più meridionali della provincia di Trento e di Bolzano e rappresentanti dei soprassuoli a

prevalenza di querce ed altre caducifoglie termofile.

In ciascuna località tre aree quadrate, di 15m di lato, sono state protette attraverso delimitazione e recinzione per una superficie di 225m<sup>2</sup>. Nel complesso delle quattro località il totale delle superfici particellari delimitate sulle quali è stata effettuata la raccolta è stato di 2700m<sup>2</sup>. Il numero delle specie, la loro abbondanza e produttività è stata misurata e registrata nei periodi suddetti.

Durante tale campionamento le 12 aree sono state tenute sotto osservazione visitando le località con regolare cadenza settimanale ed i dati qualitativi e quantitativi relativi ai macromiceti sono stati registrati.

Il materiale raccolto, suddiviso per località, data di raccolta e numero di particella, veniva successivamente identificato in laboratorio a livello di specie sulla base dei suoi caratteri morfologici; in questa sede si provvedeva anche a contare il numero di corpi fruttiferi per specie.

Infine, il materiale fungino veniva essiccato a circa 40° C utilizzando dei comuni essiccatori per funghi per determinarne successivamente il peso secco.

Indice - Sito	LAVAZÈ	RENON	MONTICOLO	POMAROLO
Alpha	21,9	37,8	36,5	-1,4
Caswell	-3,67	-0,66	-1,04	-7,71
McIntosh	0,27	0,48	0,32	0,44
Margaleff	114,9	124,9	118,0	109,8
Shannon	1,37	1,78	1,76	1,53
Simpson	0,074	0,034	0,029	0,089

Tab.2 - Indici di biodiversità calcolati su presenza/assenza delle specie per ogni sito di campionamento.

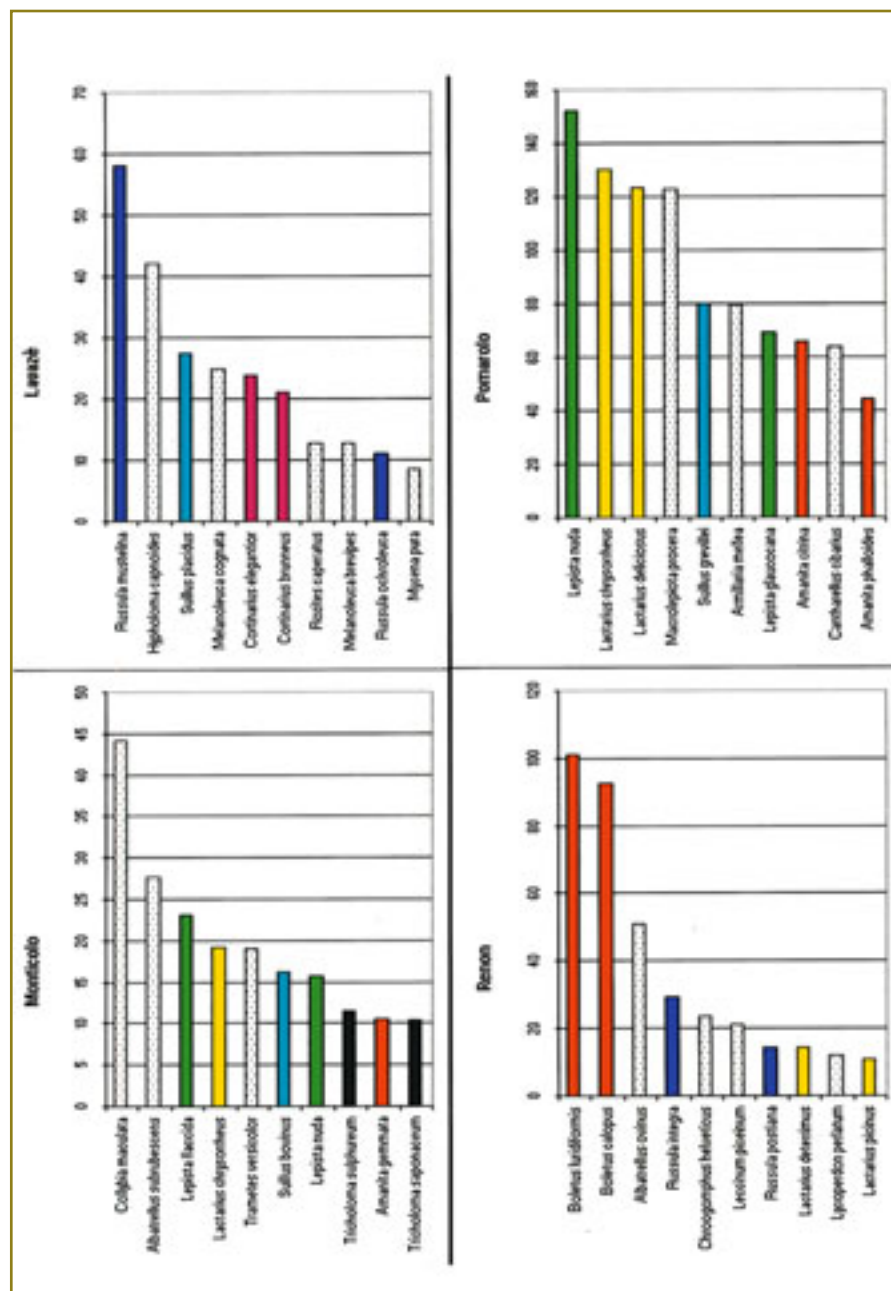


Fig. 5 - Biomassa secca (in grammi) per anno per le più abbondanti specie per i 4 siti; barre dello stesso colore indicano appartenenza allo stesso genere.

### ... e quali i risultati

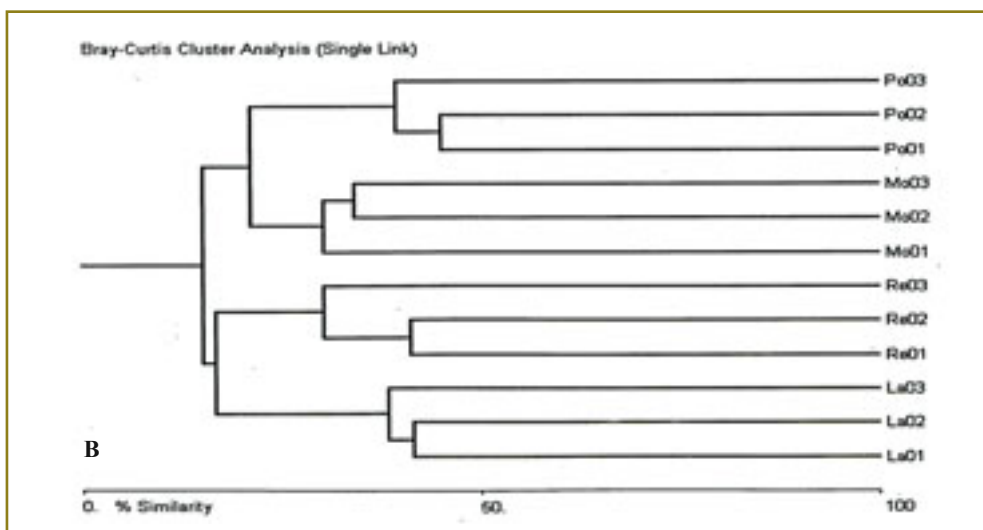
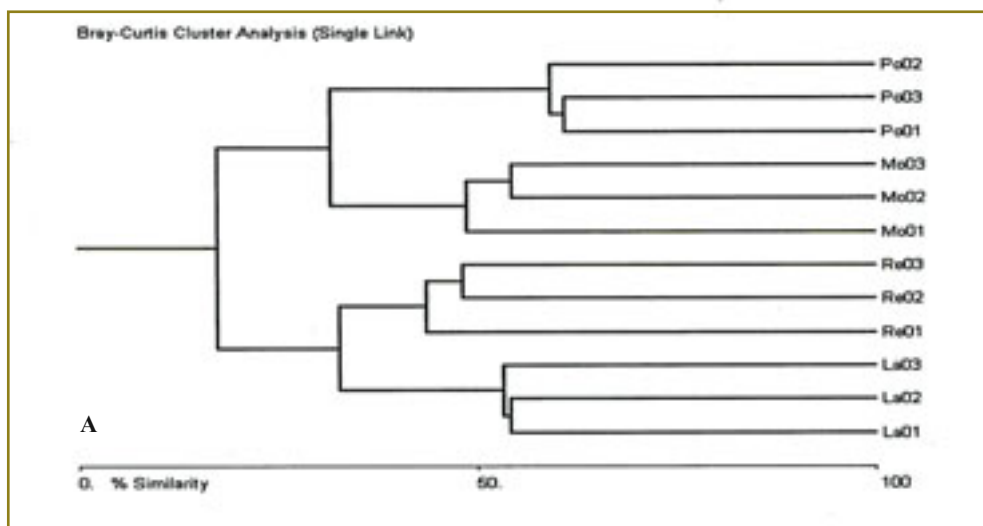
Dall'analisi statistica dei dati si rileva per tutte le 4 località campionate, un totale di 963 specie, appartenenti a 162 generi fungini.

Un numero limitato di specie rappresenta la grande maggioranza della biomassa micetica prodotta. Infatti, le prime 5 e 20 specie più rappresentative in termini di biomassa costituiscono rispettivamente circa il 30% e il 54% dell'intera produttività micetica.

Inoltre, pochi generi, particolarmente ricchi di specie, rappresentano una percentuale notevole delle specie presenti.

Tre generi, *Russula*, *Cortinarius* e *Lactarius*, saturano da soli circa il 35 % delle 963 specie presenti. Il 41 % dei generi è rappresentato da una sola specie e il 20 % da due.

Le 10 più abbondanti specie per biomassa secca per località sono riportate a pagina precedente.



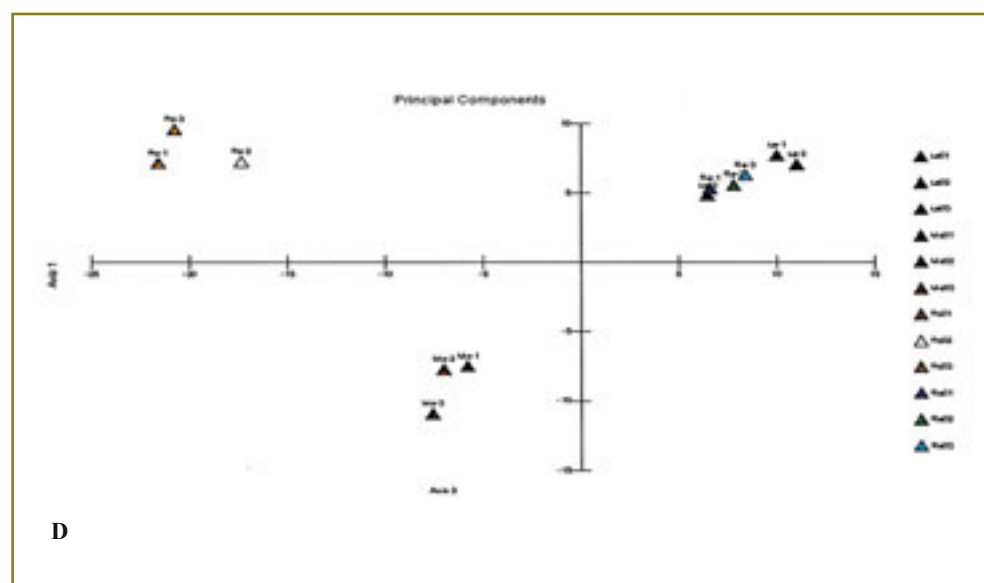
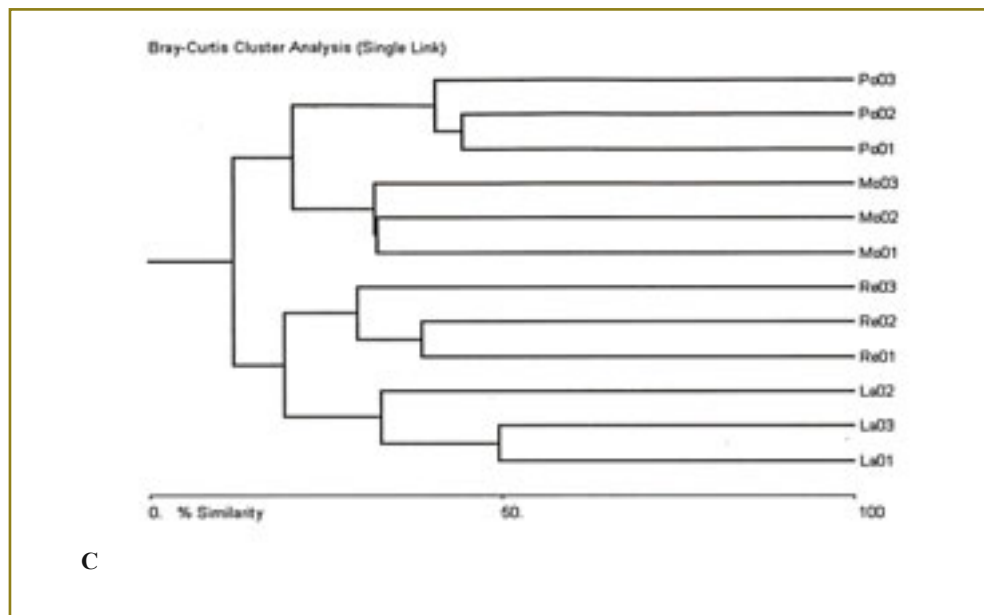


Fig. 6 - *Analisi a Cluster* (metodo di Bray-Curtis) e *PCA* delle 12 aree di campionamento utilizzando i dati di: A) Presenza/assenza di specie; B) numero degli sporofori; C) biomassa secca; D) *Analisi PCA* utilizzando dati di presenza/assenza delle specie. Le etichette, *Po*, *Mo*, *Re*, *La* indicano i 4 siti, rispettivamente: Pomarolo, Monticolo, Renon e Lavazè.

Le *Analisi a Cluster*, basate sui dati sia qualitativi che quantitativi separati per aree, mostrano una perfetta suddivisione delle aree in base alla

località di appartenenza e una relazione reciproca tra le quattro località in accordo a quanto previsto con la loro tipologia vegetazionale.



Fig. 7 – *Russula decolorans* è una tra le specie commestibili più classiche delle peccete subalpine, questa specie è stata rinvenuta con grande frequenza nei siti di Renon e Lavazè. Il cappello arancione e la carne ingrigente la rendono facilmente riconoscibile (foto: M. Floriani).

Dai dati preliminari ricavati da questo studio si è rilevata in tutte quattro le località una più che soddisfacente condizione di abbondanza specifica per quello che riguarda i macromiceti.

Esiste una relativa congruenza tra le aree della stessa località, quando si cerca di discriminare le specie fungine in funzione della loro presenza/assenza o della loro abbondanza relativa. Ciò dimostra che, ai fini dell'analisi statistica, le tre aree possono essere considerate ripetizioni omogenee all'interno delle località campionate.

Inoltre tra i tre dendrogrammi quello basato sulla presenza/assenza delle specie mostra una più marcata suddivisione delle località e delle particelle all'interno di queste rispetto agli altri due *cluster* basati sul numero degli sporofori e sulla biomassa delle specie campionate. Ciò evidenzia che questi ultimi due parametri possono essere maggiormente influenzati anche da altri fattori aleatori che non necessariamente sono caratterizzanti i diversi micobiota analizzati.

Ad esempio, un'analisi degli andamenti climatici tra gli anni considerati potrebbe rilevare una maggior influenza dei fattori meteorologici sul numero degli sporofori e sulla biomassa rispetto alla presenza/assenza delle specie.

Il raggruppamento delle aree all'interno delle località risulta più simile quando vengono comparati i dendrogrammi del numero degli sporofori e biomassa che quando si compara con questi il dendrogramma ottenuto con i dati di presenza/assenza. Tuttavia le differenze tra questi raggruppamenti risultano contenute.

Anche l'Analisi delle Componenti Principali (PCA) mostra una netta separazione delle particelle per località di pertinenza; tuttavia, pur separando nettamente Pomarolo e Monticolo, mostra una certa sovrapposizione tra le località di Renon e Lavazè (Fig. 6-D).

Un'analisi comparata dei diversi indici di biodiversità calcolati sui dati di presenza/assenza è mostrata in Tab.2 e discussa in seguito.



## Conclusioni

L'analisi del monitoraggio micologico suggerisce alcune osservazioni preliminari sulla biodiversità usata come mezzo per studiare le condizioni ecologiche e sanitarie delle aree protette forestali.

Benché tali analisi vadano opportunamente integrate con altre componenti per valutare la complessità degli ecosistemi esaminati, dalla sola analisi della componente macrofittica è possibile comunque rilevare in genere un maggior valore assoluto degli indici di biodiversità nelle foreste di latifoglie termofile rispetto a quelli misurati nelle foreste di conifere subalpine.

Tuttavia, è utile sottolineare come la maggior parte degli indici di biodiversità assume che la diversità biologica può essere soddisfacentemente descritta da due parametri principali, il numero delle specie e

la loro abbondanza relativa. Questi indici trattano tutte le specie come equivalenti, ignorando distanze tassonomiche e differenze ecologiche o ogni altra differenza tra le specie di una comunità. Infatti, due comunità con un simile numero e frequenza di specie possono differire, per esempio, in relazione alla diversità tassonomica delle specie costituenti. Ciò può causare uno sbilanciamento nel calcolo di alcuni indici di biodiversità che, invece di misurare il contributo dell'intero micobiotà, viene fortemente influenzato dalla rilevanza di alcuni generi e specie.

L'abilità discriminante e la sensibilità diversa dei vari indici vanno quindi valutate caso per caso nei diversi contesti di utilizzo tenendo conto anche dei loro relativi pregi e imperfezioni.



Fig. 8 - *Mycena pura* è un fungo saprotrofo leggermente tossico che cresce per gran parte dell'anno in ogni tipo di bosco; è stato rinvenuto in tutti e quattro i siti oggetto dello studio (foto: M. Floriani).



Fig. 9 - *Amanita phalloides*, rinvenuta sia a Monticolo che a Pomarolo, è il più comune tra i funghi mortali italiani; predilige i boschi di latifoglie ad altitudini non elevate (foto: M. Floriani).

Al fine di caratterizzare più dettagliatamente gli ambienti in esame, l'entità di queste unità tassonomiche nelle diverse località e la loro variabilità tra gli anni possono essere più propriamente analizzate confrontando tra loro diversi indici di biodiversità che, oltre al numero delle specie e la loro abbondanza relativa, includano anche differenze biologiche ed ecologiche tra le specie presenti.

In conclusione, le valutazioni proposte dal presente studio possono risultare preziose sia a scopo classificatorio che per il monitoraggio della biodiversità al fine di caratterizzare, definire e gestire la valenza ambientale di un ecosistema.

Ulteriori informazioni si potranno trarre nella prosecuzione del programma di monitoraggio dalla comparazione dei dati in senso temporale e da indagini più approfondite su alcuni di questi macromiceti indicatori di particolari *stress* ambientali.

## Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento ai Gruppi Micologici "G. Bresadola" di Trento e di Bolzano per il prezioso e indispensabile aiuto prestato durante le raccolte e il riconoscimento del materiale fungino. La ricerca è stata supportata con un contributo finanziario del Servizio Foreste e fauna della Provincia Autonoma di Trento e della Ripartizione Forestale della Provincia autonoma di Bolzano.

## Bibliografia di riferimento

ALLAVENA S., ISOPI R., PETRICCIONE B., POMPEI E. 1999. *Programma Nazionale Integrato per il controllo degli ecosistemi forestali. Primo rapporto 1999*. Min. delle Politiche Agricole. Ed. San Marcello, Roma, pp.167.  
AMBROSI P., BERTOLINI F., GEORGE E., MINERBI

S., SALVADORI C. 1998. *Integrated monitoring in alpine forest ecosystems in Trentino and South Tyrol, Italy*. *Chemosphere* 36: 1043-1048.

ARNOLDS, E.J.M. 1981. *Ecology and coenology of macrofungi in grasslands and moist heathlands in Drenthe, The Netherlands*. Part 1. Introduction and synecology. *Bibliotheca Mycologica* 83:1-410.

BONAVITA P., CHEMINI C., AMBROSI P., MINERBI S., SALVADORI C. & FURLANELLO C. 1998. *Biodiversity and stress level in four forests of the Italian Alps*. *Chemosphere* 36: 1055-1060.

HAWKSWORTH, D.L. 1991. *The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation*. *Mycological Research* 95:641- 655.

HAWKSWORTH, D.L.. 2001. *The magnitude of fungal diversity: the 1,5 million species estimate revisited*. *Mycological Research* 105:1422- 1432.

KLEMOLA S., FORSIUS M. 1998. *ICP IM activities, monitoring sites and available data*. In: KLEMOLA S. AND FORSIUS M. (Eds), *7th annual report 1998*. UN ECE ICP integrated monitoring, conventional on long range transboundary air pollution. *The Finnish Environment* 217: 6-14.

LA PORTA N., VALENTINOTTI R., SALVADORI C., AMBROSI P., MINERBI S., CONFALONIERI M., 2002. *Analisi quantitativa della componente micetica di aree forestali in ambiente alpino*. *Gredleriana - Acta Biologica*. 2, 331-336.

LA PORTA N., R. VALENTINOTTI, C. SALVADORI, S. MINERBI, M. CONFALONIERI, P. AMBROSI,



Fig. 10 - *Cortinarius sanguineus*, raccolto saltuariamente nel sito di Renon e frequentemente in quello di Lavazè, è uno tra i funghi più belli delle nostre peccete; il colore rosso sangue dell'intero sporoforo è dovuto alla presenza di antrachinoni, pigmenti che nel Nord Europa vengono utilizzati a livello amatoriale per colorare la lana. Il fungo è tossico per l'uomo, se ingerito (foto: M. Floriani).

2003. *Relazioni tra deposizioni atmosferiche e macromiceti in ambiente alpino*. Linea Ecologica, 35, 6: 43-46.
- LA PORTA N., VALENTINOTTI R., SALVADORI C., AMBROSI P., 2005. *Mycobiota monitoring as indicator of forest biodiversity*. International Forestry Review 7 (5), 36.
- MINERBI S., AMBROSI P., BERTOLINI F. 1996. *Programma di monitoraggio integrato in ecosistemi forestali nelle provincie di Bolzano e di Trento. Primi risultati*. Monti e Boschi 2: 26-33.
- PEINTNER U., MOSER M. 1996. *Survey of heavy metal deposition at the Schulterberg (Achenkirch Altitude Profiles) by using basidiomycetes as bioindicators*. Phytion (Horn) 36: 155-162.
- SENN-IRLET B., HEILMANN-CLAUSEN J., GENNEY D., AND DAHLBERG A., 2007. *Guidance for Conservation of Macrofungi in Europe*. ECCF (European Council for Conservation of Fungi) and EMA (European Mycological Association) Eds. The Directorate of Culture and Cultural and Natural Heritage Council of Europe Strasbourg 39 pp.