

Ricerche botaniche e micologiche presso l'Università degli Studi di Pavia

Graziano Rossi¹,

¹ Dipartimento di Ecologia del Territorio, Università di Pavia, Italy, e-mail address graziano.rossi@unipv.it

Received ZZZ, revised ZZZ, accepted ZZZ
Published online ZZZ

This is a dedication?

This paper describes the most significant botanical and mycological researches carried out since 2000 up to now in the Faculty of Science of the University of Pavia, by the permanent researchers and by their collaborators (PhD students, post-doct., etc.). These researches have been grouped under six topic areas and among the main themes treated, we remember: Plants, Fungi and Lichens taxonomy; floristic inventories; effect of the climate changes; fires; germination physiology; conservation biology; pathologies induced by Fungi.

copyright line will be provided by the publisher

1 Introduzione

L'Ateneo Pavese vanta tradizioni di ricerca in ambito botanico e micologico antiche e ben consolidate, documentate soprattutto a partire dal XVIII secolo, quando venne anche realizzato l'attuale Orto Botanico (1774). Alcuni nomi di illustri botanici che possiamo ricordare sono, tra gli altri: F. Witman, A. Scopoli, D. Nocca, V. Brusati, G. Moretti, G. Gasparrini e S. Garovaglio. Quest'ultimo ottenne nel 1871 la costituzione del Laboratorio Crittogamico per lo studio delle malattie delle piante dovute a funghi patogeni. Vanno poi citati nomi di studiosi più vicini a noi, quali R. Ciferri, V. Giacomini, R. Tomaselli, nonché G. Caretta e A. Pirola, attualmente professori emeriti della nostra Facoltà. Tra le linee di ricerca tradizionalmente svolte si possono citare gli studi tassonomici, ricerche floristiche, geobotaniche ed ecologiche, nonché agronomiche (importanti da citare in quest'ambito, sono anche le attività che storicamente si sono svolte attorno all'Erbario (PAV) e all'Orto Botanico) [1, 2]. I risultati di queste ricerche sono tuttora in gran parte utilizzati, come nel caso dei nomi di *taxa* descritti nel '700 e '800 da Scopoli e Gasparrini (cfr *Flora Europaea*, *Flora d'Italia* di S. Pignatti); tra questi si ricordano ad esempio: genere *Sesleria* Scop., *Centaurea diomedea* Gasparr., *Euphorbia melapetala* Gasparr..

Sulla scia di questa solida tradizione pluricentenaria, la nostra attività scientifica riguarda, attualmente, oltre 20 temi specifici di ricerca, grazie al lavoro dei docenti e dei ricercatori, afferenti ai settori di Botanica Ambientale ed Applicata, Botanica Sistemica e Patologia Vegetale, quotidianamente coadiuvati da numerosi e validi giovani ricercatori, quali dottorandi, assegnisti, borsisti, contrattisti a vario titolo, che oramai superano il numero delle persone "strutturate" (evidenziando in tal modo anche la precarietà della ricerca in Italia). Gli oggetti della nostra ricerca sono piante e funghi spontanei, sia in situazioni di elevata naturalità che di forte antropizzazione (agro-ecosistemi) e degrado (cave, discariche, siti inquinati). Tuttavia, anche le piante di interesse agronomico sono oggetto di studio (es. il riso e la vite per la protezione fitosanitaria), oppure le piante legnose per la produzione di biomasse e per l'utilizzo energetico. Molta attenzione viene rivolta alle applicazioni pratiche delle ricerche, trasferite ad Enti Pubblici e privati, come gli enti gestori del territorio ed in particolare di aree protette, ma anche le agenzie per la protezione dell'ambiente a vari livelli, in gran parte finanziatori delle nostre stesse attività (oltre alla UE e al MIUR).

Tra le ricerche finanziate dall'Unione Europea negli ultimi 8-9 anni, possiamo citare i seguenti progetti: GLORIA (*Global Observation Research Initiative in Alpine Environments*), ENSCONET (*European Native Seed Conservation Network*), FORMAT (*Forest modelling Assessment from Tree Rings*).

Inoltre va ricordato che il Dipartimento (DET) si occupa, in ambito botanico, della gestione di due importanti realtà: un lembo di foresta planiziale attualmente Riserva Naturale integrale Statale, il Bosco Siro Negri, a Zerbolò (Pavia), sul Fiume Ticino, per conto del MATTM; per conto del Centro Flora Autoctona (CFA) della Regione Lombardia, la *Lombardy Seed Bank* (LSB), una struttura nata nel 2005 per la conservazione e lo studio della germinabilità dei semi della flora locale nativa (sia specie rare e minacciate, che comuni) e anche coltivata (antiche varietà e specie forestali). Le strutture del DET, ed in particolare la *Lombardy Seed Bank*, sono state inserite a livello europeo nell'ambito delle *Research Infrastructures* (<http://www.riportal.eu/public/>); infine, il DET viene considerato dalla Regione Lombardia un centro di eccellenza.

I temi di ricerca attualmente trattati possono essere raggruppati in 6 linee principali: 1-studi sistematici e tassonomici, mediante indagini sia morfo-anatomiche che bio-molecolari e genetiche, al fine di definire nuovi *taxa*, sia a livello generico che specifico, nonché intra-specifico; 2-valutazione dei livelli di biodiversità, relativa a piante, macrofunghi e licheni, considerati a varia scala di indagine, compresa quella microscopica (es. funghi endofiti), nonché a comunità e unità di paesaggio; 3-ecologia a livello di specie, popolazioni, ecotipi, comunità, habitat, inclusa la qualità ambientale; 4-ecofisiologia, indagata sempre a vari livelli; 5-biologia della conservazione in situ ed ex situ di piante rare o minacciate di estinzione; 6-diagnosi di patologie fungine su vari organismi, compreso l'uomo. Nell'ambito dei 6 filoni di ricerca, vengono qui descritti, a titolo esemplificativo alcuni studi recentemente realizzati. L'arco temporale considerato è limitato agli ultimi 8-9 anni di produzione di articoli scientifici e di manuali.

2 Linee di ricerca in atto

2.1 Studi sistematici e tassonomici

2.1.1 Piante vascolari

Sul piano tassonomico, per le piante vascolari è in atto la catalogazione e l'inquadramento delle entità appartenenti ad alcuni generi della famiglia delle *Poaceae* (genere *Festuca* e *Sesleria*), contribuendo alla nuova edizione della Flora d'Italia (a cura di S. Pignatti) e della Flora critica dell'Italia (S.B.I.). Fino ad ora sono stati descritti circa 10 nuovi *taxa*, i cui tipi sono depositati nell'Erbario del DET (PAV) o nell'Erbario dell'Università di Firenze (HCI) [3; cfr <http://www-1.unipv.it/labecove/Festuca/Home.htm>].

Altri studi mirano all'individuazione della variabilità morfologica e genetica di popolazioni appartenenti a specie polimorfe ed adattate ad habitat differenziati. Studi biosistematici vengono condotti su specie endemiche appartenenti alla flora orofila lombarda, di cui non sono ancora chiare l'origine e le modalità di speciazione. La ricerca ha lo scopo di evidenziare il livello di biodiversità intra-specifica e l'eventuale isolamento sistematico delle popolazioni di tali specie, utilizzando metodiche biomolecolari. Sono in studio popolazioni appartenenti a *Sanguisorba dodecandra* Moretti (endemica lombarda caratterizzata da un areale di distribuzione limitato e disgiunto) e *Viola comollia* Massara. Quest'ultima, endemica orobica, senza evidente variabilità fenotipica, presenta popolazioni localizzate in stazioni disgiunte nell'ambito dell'areale di distribuzione: Lombardia, province di Sondrio, Bergamo e Lecco; è in fase di analisi l'ipotesi che un'eventuale scarsa plasticità di tipo genetico possa rappresentare la causa della limitata distribuzione.

I risultati ottenuti hanno evidenziato in entrambi i casi la presenza di un marcato polimorfismo di natura genetica sia intra-specifico che intra-popolazionale. In particolare per *V. comollia* è possibile affermare che i principali fattori che influenzano la variabilità genetica intra-specifica sono l'isolamento geografico, la disponibilità di acqua nel substrato, l'altitudine e l'esposizione [4].

Viene indagata anche la biodiversità nell'ambito delle comunità vegetali infestanti le principali colture lombarde, attraverso uno studio biosistemico di popolazioni nell'ambito della specie *Oryza sativa* var. *sylvatica* Chiappelli, e del genere *Echinochloa* Beauv., appartenenti alla famiglia delle *Poaceae*, che rappresentano le infestanti più diffuse; il fine è quello di approfondirne le conoscenze sulla variabilità morfologica e genetica e sull'ecologia, con particolare attenzione agli habitat che presentano condizioni favorevoli alla riproduzione e diffusione di popolazioni differenziate. Il polimorfismo genetico stimato mediante metodologia PCR-RAPD ha consentito di distinguere due biotipi di *O. sativa* var. *sylvatica*, a lemma aristato e a lemma mutico, e di definire i polimorfismi intraspecifici di *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., riconoscendo una varietà aristata e una varietà mutica [5].

2.1.2 Funghi

Studi tassonomici su base morfo-dimensionale e biologico-molecolare vengono condotti su alcuni organismi fungini di nuovo riscontro o di particolare interesse applicativo. Studi di popolazione dei generi fitopatogeni *Fusarium* e *Pyricularia*, sono condotti con un approccio integrativo morfo-dimensionale e biologico molecolare (aspetto, quest'ultimo, affrontato in collaborazione con l'ISPA - CNR di Bari), al fine di definire la variabilità intraspecifica dei medesimi generi sul territorio nazionale [6]. In particolare, indagini pluriennali hanno permesso sia l'individuazione di nuove razze (*lineages*) italiane di *Pyricularia* che la prima segnalazione europea della specie *Fusarium fujikuroi*, agente causale del *bakanae* del riso.

Una linea di ricerca riguarda i funghi dell'Antartide, sviluppata nell'ambito del Programma Nazionale di Studi in Antartide, arrivata al suo 20° anno di attività. I risultati principali si sono ottenuti nello studio della componente fungina presente, con la descrizione di 4 entità tassonomiche nuove per la scienza: 1 genere nuovo di fungo mitosporico, 2 specie nuove di *Zygomycetes* e 1 specie nuova anamorfa di fungo predatore di nematodi e collemboli [7]. L'analisi qualitativa del micobioti antartico nei diversi substrati disponibili (muschi, licheni, suolo, masse algali e batteriche, carcasse e sterco di animali) ha messo in evidenza la presenza di numerose specie, che risultano nuovi records per l'Antartide [8]. Un compendio di tutte le specie trovate dalle prime spedizioni, avvenute nei primi del '900, ad oggi, è riportato in Onofri *et al.* (2007) [9], in cui la micodiversità dell'Antartide continentale è rappresentata da 144 generi e 251 specie e *taxa* infraspecifici, principalmente di funghi anamorfi filamentosi e lieviti.

2.1.3 Licheni

Sono condotte anche indagini biosistematiche relative a *taxa* lichenici distinguibili solo sulla base di vaghi caratteri morfologici, attraverso l'utilizzo di tecniche biomolecolari, per tentare di risolvere alcuni problemi tassonomici ancora aperti; viene analizzato il DNA di alcune specie critiche, al fine di delinearne la struttura genetica e il livello di variabilità genotipica inter- e intra-specifica e di fornire nuovi caratteri, oltre a quelli morfologici, utilizzabili per una più precisa identificazione dei *taxa* considerati. E' stata studiata la biodiversità tra popolazioni di *Cladonia pocillum* (Ach.) O.J. Rich., lichene terricolo particolarmente abbondante in ambienti ofiolitici, valutando il possibile legame tra la variabilità genetica inter-popolazionale e il contenuto di metalli pesanti presenti nei suoli derivati dalla degradazione delle rocce ofiolitiche (Parco Naturale Mont Avic, Valle d'Aosta). I primi risultati ottenuti evidenziano una marcata variabilità intra-specifica, che potrebbe essere legata alle diverse concentrazioni dei metalli pesanti presenti nel substrato [10].

2.2 Valutazione dei livelli di biodiversità

Per quanto riguarda gli inventari sulla biodiversità floristica, in senso lato, si può citare il censimento floristico della Lombardia, sia a livello di piante che di macrofunghi e licheni, mediante un reticolo già in uso nell'Italia settentrionale ed Europa centrale (CFCE). Vengono realizzati studi sulla flora lombarda vascolare nell'ambito del Progetto di Carta Naturalistica della Regione Lombardia, che prevede l'inserimento, in un'unica banca dati, di informazioni riguardanti i geositi, i macromiceti, i licheni, la fauna, gli habitat della Direttiva 92/43/EEC, Allegato I e le piante vascolari. Si utilizza una griglia predefinita, individuata da 6' di latitudine e 10' di longitudine, corrispondenti a un rettangolo di 11,2 x 12,0 Km. Pertanto la Lombardia risulta coperta da 786 quadrati. Il censimento è svolto da studiosi e volontari, che raccolgono dati sul territorio e li inviano al DET per la validazione e per il successivo inserimento nella banca dati.

Un progetto parallelo riguarda le piante esotiche, nell'ambito di un censimento nazionale. In questo contesto è importante anche il contributo che viene dato a varie banche dati nazionali, promosse dal MIUR e dalla UE, in particolare per quanto riguarda licheni e funghi. Esempi sono la *Checklist* dei funghi italiani (Basidiomiceti) e la Banca dati sui licheni d'Italia. Queste banche dati hanno raggiunto una notevole diffusione tra il pubblico, grazie anche all'uso di chiavi di determinazione *on-line*, di facile utilizzo (Progetto Europeo KeyToNature - Dryades: <http://dbiodbs.univ.trieste.it/dryades/>).

La biodiversità, grazie a finanziamenti della Regione Lombardia, è studiata anche in ambiti agricoli, come parametro di valutazione della multifunzionalità degli agroecosistemi, soprattutto in seguito all'applicazione di misure agroambientali UE, che dovrebbero favorire la sopravvivenza anche di elementi naturali.

2.2.1 Piante vascolari

Attualmente il censimento floristico regionale ha il 5% dei quadranti ancora sprovvisto di dati o con un numero esiguo di informazioni, mentre circa l'85% ha almeno un numero di 150/200 specie registrate [11]. Il lavoro di raccolta è comunque ancora lungo, perché si è stimato che i quadrati di pianura (la pianura occupa circa la metà del territorio lombardo) possono essere considerati ad un livello ottimale di conoscenza quando il numero di specie raggiunge le 300/350 per quadrante, mentre tale dato, per i quadranti di montagna, sale ad almeno 450/500 specie.

Nell'ambito della linea di ricerca sulla biodiversità, particolare importanza assume lo studio delle invasioni da parte di specie esotiche vegetali, in quanto seconda causa di perdita della stessa, dopo la scomparsa e frammentazione degli habitat. Sono state, perciò, realizzate indagini mirate a censire la presenza e la distribuzione delle esotiche invasive nel territorio lombardo, la loro sinecologia negli habitat ripari e gli aspetti gestionali connessi. I principali progetti entro i quali sono state sviluppate e affrontate tali problematiche sono i seguenti: "Primo contributo al censimento della flora esotica in Italia e caratterizzazione della sua invasività, con particolare riferimento alla fascia costiera marina e alle piccole isole", finanziato dal MATTM, con riferimento alla Lombardia (2004-2006); "Progetto di rinaturazione e riqualificazione ambientale nei tratti interessati dalle fasce fluviali del Bacino del Fiume Po", finanziato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (2005-2006). Nell'ambito del progetto realizzato per il MATTM è stato prodotto un CD ed un *booklet* in inglese, allegato allo stesso, che è stato presentato al G8 di Aprile 2009, a Siracusa. Nell'ambito del progetto realizzato per l'Autorità di Bacino del Fiume Po è stata messa a punto una Lista nera (*Black List*), mirata per le fasce fluviali, di specie invasive da monitorare, controllare e, se possibile, eradicare.

Nell'ambito dei progetti finanziati dalla Regione Lombardia (Programma regionale di ricerca in campo agricolo), la biodiversità vegetale viene valutata anche come parametro della multifunzionalità del sistema rurale, in seguito all'applicazione delle misure agroambientali previste dalla normativa europea (PAC, Piano di Sviluppo Rurale). E' in

corso uno studio, a livello specifico e intra-specifico, delle comunità vegetali sinantropiche che occupano habitat differenti, naturali, coltivati e marginali nell'ecosistema agricolo, nell'ambito di aziende che praticano diverse tecniche di gestione: convenzionale, biodinamica e con applicazione delle misure agroambientali previste in ambito UE [12, 13]. La trasferibilità sul piano operativo dei risultati ottenibili da tale ricerca consiste principalmente nella predisposizione di uno strumento di indagine flessibile e riproducibile nei differenti sistemi rurali lombardi e padani.

La biodiversità viene valutata non solo a livello di specie, ma anche di comunità vegetali. In tal senso, numerosa è la produzione di lavori inerenti l'individuazione o la descrizione su base fitosociologia di *syntaxa* (anche nuovi) per il territorio lombardo, alpino e pianiziale. Notevole, in quest'ambito, è la tradizione del DET e, prima del 1997, dell'Istituto di Botanica dell'Università di Pavia. Recentemente sono state prodotte sintesi per la Lombardia, nell'ambito di quelle a livello nazionale (*LISY, Lista delle unità sintassonomiche della vegetazione italiana*, promosse dalla Società Italiana di Fitosociologia, sia nella prima fase di realizzazione (1993-1994), sia in quelle di aggiornamento (1999-2000; 2005-2006); *Serie della vegetazione d'Italia*, finanziato dal MATTM (2002-2006)) e sintesi per la bassa Pianura Padana [14]. Questa base conoscitiva recentemente è risultata molto utile anche per l'individuazione e la delimitazione degli habitat della Direttiva 92/43 CEE, nell'ambito della Rete Natura 2000.

2.2.2 Funghi

Per quanto concerne i macrofunghi, oltre a ricerche di campo in ambienti più o meno antropizzati, si è contribuito alla stesura della "Checklist dei funghi italiani" (*Basidiomycota*) [15] tramite raccolta e revisione dei dati in tutto il territorio lombardo, grazie a cofinanziamenti del MIUR (2000-2002; 2002-2004). I risultati ottenuti sono serviti come base per ulteriori implementazioni del lavoro, in parte finanziate dalla Regione Lombardia (Progetto Carta Naturalistica 2005-2007): mappatura dei macromiceti sul territorio lombardo [16], con particolare attenzione alle specie fungine da inserire in una futura "Lista rossa" italiana, sia a specie con interesse applicativo. Lo studio delle entità fungine legate a importanti conifere come *Abies alba* e *Pinus* spp. ha prodotto risultati di particolare rilievo [17, 18].

Sono inoltre stati effettuati alcuni monitoraggi di ifomiceti acquatici in corsi d'acqua presenti nel Parco del Ticino ed in altri torrenti dell'Italia Settentrionale. Sono state così identificate numerose specie, alcune delle quali vengono segnalate per la prima volta in Italia o in Europa. Interessanti sono pure i dati quantitativi che rivelano picchi stagionali in autunno, da correlare alla caduta delle foglie e quindi all'apporto di nuovo substrato.

2.2.3 Licheni

In relazione alla flora lichenica, si è presa in considerazione quella presente in aree climaticamente differenti e interessanti dal punto di vista naturalistico: alcune isole del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano; località costiere della Sardegna e della Liguria; zone dell'Emilia-Romagna: la Riserva Regionale di Alfonsine (RA), l'Oasi di Val Campotto (FE) e stazioni con affioramenti ofiolitici della Val Trebbia; alcune aree scarsamente indagate della Valle d'Aosta; zone della Val Curone (Piemonte, AL) confinanti con la Lombardia; diverse aree lombarde: Parco della Valle del Ticino, Valtellina, località dell'Appennino pavese, quali la Valle Staffora, il Giardino Alpino di Pietra Corva e siti con substrati serpentini [19, 20, 21]. A titolo indicativo si illustra brevemente il lavoro svolto nel Parco della Valle del Ticino [22]. Su entrambe le sponde (lombarda e piemontese) del fiume, sono state scelte aree, per un totale di 80 kmq, in cui sono stati censiti 127 *taxa* presenti su più tipi di substrato (scorza, terra, roccia, ciottoli e manufatti litici). Sono state reperite alcune specie nuove per Lombardia e Piemonte, tra le quali *Acarospora smaragdula* (Wahlenb.) A.Massal. subsp. *smaragdula* e *Sarcogyne fallax* H.Magn., rare sul territorio italiano. Tra i *taxa* noti per le due regioni si possono evidenziare *Verrucaria hydrela* Ach., che vive su rocce periodicamente sommerse; *Stereocaulon pileatum* Ach., specie

pioniera rara di zone alpine sulla sponda svizzera del Lago Maggiore; *Opegrapha vermicellifera* (Kunze) J.R. Laundon, inserita nella lista rossa dei licheni lombardi. Le specie del parco sono risultate in prevalenza crostose e con areale centrato nella parte temperata d'Europa. Le florule rilevate sui vari tipi di substrato, pur presentando forme di crescita e caratteristiche fitogeografiche concordanti col macroclima del parco, hanno mostrato la tendenza a crescere in habitat ecologicamente differenti, soprattutto in relazione ai fattori acqua e temperatura. La parte settentrionale del parco è risultata, inoltre, floristicamente più interessante e più ricca, mentre quella meridionale si è manifestata piuttosto omogenea, con un ridotto numero di specie.

Gli studi floristici sono stati accompagnati sia dalla raccolta di materiale per la stesura di repertori bibliografici della lichenologia italiana sia dal censimento degli erbari lichenologici italiani. Particolare attenzione è stata posta alle collezioni conservate presso l'Erbario Crittogamico di Pavia, presso il DET.

2.3 Ecologia

2.3.1 Piante vascolari

2.3.1.1 Cambiamenti climatici

Recenti ricerche hanno messo in evidenza che gli ecosistemi di alta quota, notevolmente importanti in termini di biodiversità, saranno, nei prossimi 80-100 anni, interessati da cambiamenti nella distribuzione delle specie e delle comunità vegetali d'altitudine e dall'estinzione locale dei *taxa* più sensibili e vulnerabili. Per le Alpi italiane (gruppo del Bernina), la comparazione di dati floristici storici, risalenti al 1959, con dati recenti raccolti nel 2003-2005, ha evidenziato la risalita in altitudine di numerose specie vegetali, un fenomeno già noto per le Alpi svizzere ed austriache, ma non in forma così appariscente. Ben 56 specie sono state osservate a quote altitudinali maggiori, da 10 a 430 m al di sopra del loro limite storico, mostrando una velocità media di risalita pari a 24 m/decade [23].

Questo fenomeno di risalita di piante in altitudine è monitorato dal 2001 anche a livello europeo e mondiale, attraverso il progetto di ricerca europeo GLORIA, che ha attivato una rete di ricerca per valutare gli effetti a lungo termine del riscaldamento climatico sugli ecosistemi alpini. In Italia i siti nei quali è stato attivato il monitoraggio sono le Dolomiti, l'Appennino Settentrionale (coordinato dalle Università di Pavia e Parma), l'Appennino Centrale e, dal 2009, le Orobie Bergamasche (a cura di WWF, Parco e DET). A fronte di una prima indagine del 2001 volta ad indagare lo "stato zero" della flora di ben 72 vette a livello europeo, nel 2008 è stato effettuato il primo monitoraggio, dal quale scaturiscono le prime evidenze degli effetti del *global warming* sulla flora vascolare a livello europeo.

Molti studi dedicati ai cambiamenti climatici si basano sui dati provenienti dagli anelli di accrescimento degli alberi (dendroclimatologia e dendroecologia). In questo ambito, alcuni studi sono stati dedicati all'analisi delle variazioni temporali dell'accrescimento annuale, riconducibili ai cambiamenti climatici ed in particolare all'aumento delle temperature. I risultati ottenuti mostrano la presenza di un *trend* di aumento dell'accrescimento diametrico degli alberi al limite superiore del bosco negli ultimi 100 anni [24]. Parallelamente anche il limite superiore del bosco tende ad innalzarsi e le conifere alpine occupano nuovi spazi, non solo come possibile conseguenza dell'innalzamento delle temperature, ma anche in seguito ad un diverso uso del territorio [25]. I cambiamenti attualmente in atto comportano non soltanto modifiche nel ritmo di accrescimento, ma anche variazioni nelle esigenze ecologiche delle specie forestali in generale e delle conifere d'alta quota in particolare. A questa tematica sono dedicati gli studi a scala regionale che hanno permesso di identificare la risposta ai principali parametri climatici da parte del *Pinus cembra*, seguendone le variazioni lungo l'arco alpino, e di valutarne la stabilità temporale negli ultimi 200 anni, al fine di identificare fenomeni di adattamento da parte della specie [26]. Per meglio comprendere il ruolo dei disturbi naturali e antropici

nell'evoluzione delle foreste d'alta quota, alcuni studi sono dedicati all'analisi della struttura spaziale e temporale di aree permanenti oggetto di monitoraggio di lungo termine [27, 28, 29]. La messa a punto di serie dendrocronologiche pluricentinarie ha inoltre permesso, tramite la collaborazione con gruppi di ricerca internazionali, di utilizzare gli anelli delle piante in studi finalizzati alla conoscenza della variabilità del clima, attraverso la ricostruzione di parametri climatici [30].

2.3.1.2 Incendi

Vengono condotte ricerche riguardanti cinque vaste aree lombarde percorse da incendio e il controllo annuale, reiterato per dieci anni, di un'area forestale protetta; tali studi hanno permesso la redazione di un manuale sulla gestione del dopo incendio in foresta [31]. Il libro è strutturato in due parti: una "generale", che fornisce al lettore una guida semplice e immediata nella valutazione e gestione del dopo-incendio ed è indirizzata ad un pubblico di media preparazione ed una "tecnica", che ha la stessa impostazione concettuale della prima, ma propone ed utilizza parametri di valutazione che richiedono una conoscenza non generica dell'argomento e metodi di calcolo più rigorosi. Le metodologie proposte sono state testate ed applicate nella valutazione degli impatti generati da alcuni importanti incendi boschivi sviluppatisi in diversi luoghi del territorio lombardo.

2.3.1.3 Gestione degli ambiti fluviali

Un altro importante progetto è quello di rinaturazione e riqualificazione ambientale delle fasce fluviali del Po, da Torino al Delta, risultato di un'indagine commissionata dall'Autorità di Bacino del fiume Po al DET, che ha coordinato ricerche pluridisciplinari, che hanno visto coinvolti anche ricercatori del Politecnico di Milano, dell'Università di Milano, Facoltà di Agraria, della stessa Autorità di Bacino e altri professionisti. Il progetto, dopo una dettagliata analisi dell'evoluzione dell'uso del territorio lungo l'asta fluviale, avvenuta negli ultimi 50 anni, considera differenti indicatori per evidenziare la dinamica, in generale peggiorativa, della qualità ambientale lungo i diversi tratti del fiume e individua gli obiettivi strategici da perseguire: incremento della biodiversità, rinaturazione diffusa, valorizzazione turistico – ricreativa. Sulla base di tali obiettivi sono date, anche attraverso esempi concreti applicati a situazioni emblematiche, le linee d'azione, basate su: strutturazione della rete ecologica, incremento delle aree forestali, promozione di una agricoltura compatibile, zone umide e sistemi naturali caratteristici, cammini lungo il Po e opportunità di connessione degli stessi. Per ogni tipo di intervento è anche fornita una quantificazione unitaria dei costi [32].

Sempre nel bacino del Fiume Po, ma solo relativamente alle provincie di Reggio Emilia, Parma, Piacenza e, recentemente, anche Pavia, sono state elaborate dal DET e fornite alle amministrazioni territoriali competenti, linee guida per il recupero ambientale delle aree di cava.

2.3.1.4 Ecotipi

E' stato svolto uno studio della variabilità morfologica e genetica di popolazioni appartenenti a specie polimorfe e adattate ad habitat ecologicamente differenziati, finalizzato all'individuazione di ecotipi con valore di bioindicatori, su *Sanguisorba officinalis* L. (*Rosaceae*), caratterizzata da notevole variabilità riscontrabile a livello morfologico, quale il macrosomatismo presentato dalle popolazioni delle stazioni umide lombarde, *S. minor* Scop. (*Rosaceae*), il cui polimorfismo intraspecifico è in genere correlato a differenze di habitat e *Rumex scutatus* L. (*Polygonaceae*), caratterizzata da marcato polimorfismo spesso legato a differenze di substrato. Tali indagini hanno consentito da un lato di definire in maniera più precisa la spiccata variabilità morfologica che caratterizza le specie studiate, individuando le popolazioni differenziate morfologicamente e geneticamente ed evidenziando i principali caratteri polimorfi, e dall'altro di verificare una correlazione dei polimorfismi con fattori ecologici che può condurre all'individuazione di ecotipi [33].

2.3.1.5 Studi in Argentina

In collaborazione con l'Università Cattolica di Salta, in Argentina, è in corso uno studio dell'ecologia di specie vegetali del nordovest argentino, con scopi applicativi nel settore ornamentale [34]. Viene valutato anche il rischio di una possibile "evasione" dalle coltivazioni e il pericolo che le stesse diventino specie esotiche invasive nel territorio di ipotetico utilizzo (Italia).

2.3.2. Funghi

Le ricerche finalizzate alla conoscenza della componente fungina presente in aria, acqua e suolo possono divenire importante parametro di valutazione della qualità ambientale. Con tale finalità, presso la Sezione di Micologia vengono effettuate indagini e monitoraggi dell'ambiente, con particolare attenzione a depuratori, filtri, discariche solide e liquide, fanghi di risulta.

E', inoltre, in corso la selezione di ceppi fungini per la realizzazione di consorzi utili ai fini del "biorisanamento ambientale", una tecnologia che si avvale dei funghi, insieme ad altri microrganismi, per ristabilire l'equilibrio in suoli contaminati da un ampio spettro di inquinanti (PCBs, POPs, DDT, azocoloranti,...) [35, 36, 37].

Da anni vengono effettuate azioni di monitoraggio aeromicologico, al fine di definire la componente fungina aerodispersa in diverse tipologie di ambienti confinati (industrie, archivi, biblioteche, scuole, piscine, mezzi di trasporto,...) e valutarne il rischio biologico [38, 39, 40, 41, 42, 43, 44,], in quanto alcune specie fungine, diffuse, accumulate e più concentrate negli edifici rispetto all'esterno, possono provocare il deterioramento della Qualità dell'Aria Indoor (IAQ), parametro ufficialmente riconosciuto e definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

Sono anche in atto ricerche finalizzate alla protezione dei beni culturali. Il biodeterioramento indotto da funghi, problema globale presente in tutti gli habitat, può essere fonte di irreversibili danni estetici e strutturali al patrimonio culturale, inteso come insieme di documenti ed opere, aventi valore artistico, storico ed etnologico, inestimabile testimonianza della civiltà umana. In aggiunta a ricerche sui funghi biodeteriogeni di opere d'arte e manufatti, vengono realizzati *screening* di possibili biocidi utili per il trattamento nei processi di restauro [45, 46].

Varie ricerche sono effettuate sui funghi endofiti in essenze forestali e varietà agronomicamente importanti (in particolare appartenenti ai generi *Oryza* e *Vitis*), permettendo il raggiungimento di nuove conoscenze, importanti sia in termini prettamente micologici che applicativi [47, 48, 49].

Un'altra linea di ricerca intende, infine, valutare il ruolo di macroinvertebrati, funghi e batteri nella decomposizione di carcasse di trote poste in un corso d'acqua dell'Appennino piemontese. Sono state identificate alcune specie rare ed interessanti di cosiddette "muffe d'acqua".

Nell'ambito delle ricerche sul cambiamento climatico, sui funghi dell'Antartide sono stati studiati gli effetti dell'incremento termico e della radiazione UV sulla componente fungina del suolo in condizioni controllate, mediante l'uso di serrette *in situ* [50]; l'incremento termico artificiale ha portato la comunità fungina del suolo ad una condizione di stress, mentre la protezione dalle radiazioni UV ha portato la comunità ad un maggiore equilibrio, dimostrato sulla base delle curve di dominanza-diversità, mettendo in evidenza che la radiazione ultravioletta è il principale fattore limitante in Antartide per il micobiota del suolo.

I funghi dell'Antartide sono in grado di sopravvivere ed essere metabolicamente attivi alle condizioni ambientali più ostili del pianeta. L'adattamento alle basse temperature è stato l'aspetto più indagato; i risultati principali di queste ricerche vengono riportate in e hanno messo in luce la presenza in Antartide di ecotipi psicrofili, psicrotolleranti e di pochi termofili, questi ultimi isolati sulla sommità dei vulcani attivi [51].

2.3.3 Licheni

Nel campo del biomonitoraggio, in alcune ricerche, i licheni sono stati utilizzati come bioaccumulatori determinando, mediante analisi per attivazione neutronica, elementi in tracce in esemplari himalaiani [52] ed italiani [53]. In altri studi i licheni epifiti sono stati impiegati come bioindicatori: nei pressi di sorgenti puntiformi (raffineria, cementificio e centrale termoelettrica); in ambito cittadino (Sondrio, Brescia, alcuni centri dell'alessandrino) o comunale (Donnas, Pont Saint Martin, Tortona, Valdagno); in territorio provinciale (Novara e Verbania) e in valli appenniniche (Valle Versa). Dagli studi di biomonitoraggio effettuati in territorio lombardo [54, 55, 56] è emerso che i veicoli e gli impianti di riscaldamento risultano essere nella regione fonti di inquinamento pressoché costanti, cui si aggiungono di volta in volta insediamenti abitativi e produttivi o coltivazioni agricole che contribuiscono ad immettere ulteriori contaminanti in atmosfera. La qualità dell'aria in Lombardia attende di essere studiata ulteriormente; parecchie sono ancora le aree non considerate, anche se attualmente sono in corso studi sulla qualità dell'aria in diverse località.

Altri lavori sono stati condotti sulle comunità licheniche che crescono su manufatti lapidei di alcune località dell'Italia nord-occidentale, soprattutto della provincia di Pavia [57, 58, 59].

2.4 Ecofisiologia

2.4.1 Piante vascolari

Tra gli studi eco-fisiologici si possono ricordare quelli tesi a stabilire sperimentalmente le condizioni a cui germinano i semi delle specie spontanee, con particolare riferimento a quelle minacciate di estinzione o molto rare. Inoltre, sempre in relazione ai semi delle piante alpine conservati nella *Lombardy Seed Bank*, sono attive ricerche riguardo alla conservabilità stessa a lungo termine in banche del germoplasma. Alcune ricerche sono state condotte su *Anemone nemorosa* e *A. ranunculoides*, piante erbacee nemorali appartenenti alla famiglia delle *Ranunculaceae*, caratteristiche del sottobosco di gran parte delle foreste caducifoglie europee e caratterizzate da forti difficoltà di conservazione in banca semi (nelle migliori condizioni, possono essere mantenute in una normale banca per 1 anno [60, 61, 62, 63]). Da tali studi è emerso che entrambe le specie presentano una dormienza morfologica a livello radicale, rimossa dal periodo estivo e autunnale e, a livello epicotiledonale, dormienza fisiologica, rimossa dalla condizione invernale, nel caso di *A. nemorosa* e tardo autunnale nel caso di *A. ranunculoides*. Infine, si sottolinea la relazione tra le limitate condizioni di temperatura entro le quali *A. ranunculoides* può germinare (emergenza radicale), e la più ristretta nicchia ecologica documentata per questa specie, rispetto ad *A. nemorosa*.

La conoscenza dettagliata delle fasi di maturazione e germinazione dei semi di queste specie nemorali, messa a punto presso la LSB del CFA consente attualmente la germinabilità del 100% dei semi di anemone e quindi la loro messa a disposizione nel caso di progetti di riproduzione per via non-vegetativa, come è avvenuto nel caso del progetto NEMOPLANT. Ciò sopprime ampiamente alla scarsa conservabilità in banca semi.

2.4.2 Funghi

Nell'ambito degli studi sugli enzimi prodotti dagli isolati antartici è stato messo in evidenza come questi abbiano assunto alcuni adattamenti specifici alle condizioni estreme in cui vivono. La produzione di collagenasi da parte del fungo predatore di nematodi risulta tripla rispetto ad ecotipi temperati, predisponendo il fungo all'utilizzo di una fonte di azoto sicura in un ambiente in cui le sostanze azotate sono deficitarie [64]. Risultati si sono ottenuti recentemente sull'attività della superossidodismutasi e della catalasi quale risposta antiossidativa a decrementi termici di breve periodo in funghi isolati in Antartide, che si sono dimostrati molto più tolleranti rispetto ad ecotipi temperati [65].

Fra le più recenti potenzialità applicative dei funghi, vi è poi l'individuazione e la selezione di ceppi utilizzabili come fonte di metaboliti secondari bioattivi e come modelli per evidenziare proprietà di estratti e composti naturali di interesse farmaceutico, in campo medico ed agrario. Le ricerche si conducono (in collaborazione con il Dipartimento di Chimica Organica dell'Università di Pavia nell'ambito del Centro di Etnobiofarmacia) al fine di indagare e definire l'attività antimicrobica di sostanze estratte sia da funghi che da piante [66, 67].

2.5 Biologia della conservazione

Tra le attività che si sviluppano nell'ambito della biologia della conservazione, una di esse riguarda l'applicazione dei criteri e categorie IUCN ai diversi gruppi di piante e funghi, per la redazione di liste rosse [68].

Una ricerca, vuole individuare, mediante l'uso dei GPS, GIS e loro applicativi (es. DSS), valide strategie gestionali delle aree protette, contribuendo a rendere compatibili conservazione di flora e fauna e sviluppo economico (es. ecoturismo). In tal senso, nel piano di gestione pilota di un SIC delle Alpi Retiche (IT2040012), in provincia di Sondrio, si è promosso uno sviluppo ecosostenibile del turismo, attraverso la realizzazione di itinerari tematici corredati di pannelli informativi, sia cercando di riorganizzare i flussi turistici, spingendo i fruitori del SIC a conoscere settori del SIC poco esplorati e poco noti, ma altrettanto spettacolari. Si è proposta inoltre la realizzazione di due nuovi sentieri a basso impatto sugli ecosistemi [69], realizzati in ambiente GIS e verificati sul campo, che permetteranno di ridurre la fruizione turistica in aree particolarmente sensibili. Inoltre, sempre utilizzando avanzate procedure di elaborazione cartografica al GIS, sono stati individuati i siti più idonei, a basso impatto antropico, per la realizzazione di nuove infrastrutture, siano esse rifugi o campeggi, tenendo in considerazione anche gli aspetti logistici [70]. Tale strategia, attualmente in fase di elaborazione partecipata con tutti gli enti interessati, rappresenta una modalità avanzata di intendere la fruizione turistica delle aree protette, sviluppandola e, al contempo, gestendola in modo ecocompatibile.

Numerose ricerche sono in atto nella Riserva Naturale Integrale Bosco Siro Negri (comune di Zerbolò, Pavia), donata all'Università di Pavia dal signor Giuseppe Negri, nel 1968, con il vincolo della non gestione del bosco. I dati raccolti dai ricercatori del DET in questi quarant'anni permettono di esporre alcune idee sul ruolo della foresta, non prive di originalità [71, 72]: 1) la foresta si conserva anche se non è gestita; 2) la foresta naturale elimina le specie esotiche presenti e tiene lontane quelle che crescono ai margini. Trent'anni di osservazione evidenziano che una delle esotiche più invasive, la robinia, è in regressione; la scelta di non intervenire con tagli sugli esemplari di robinia, come raccomandato un tempo dalle normali pratiche selvicolturali, si è dimostrata più efficace dell'intervento di taglio e anche nei forestali è cresciuta l'idea che, se possibile, è meglio non intervenire sugli alberi di robinia e aspettare che la stessa invecchi, perdendo la capacità riproduttiva. Inoltre, pur essendoci nelle immediate vicinanze della riserva una massiccia presenza di specie esotiche legnose e erbacee, queste non entrano nella foresta, ma restano confinate ai margini della stessa; 3) la foresta naturale, nella colonizzazione delle aree, vicine è un modello selvicolturale. Nelle fasce di terreno a ridosso della foresta si formano nuclei di spontanea riforestazione, che hanno permesso di teorizzare e successivamente realizzare rimboschimenti basati sul principio delle macchie seriali di vegetazione; 4) la foresta naturale contrasta l'erosione fluviale. Un lato della stessa confina con l'alveo attivo del fiume Ticino. Una ventina di anni orsono la corrente del fiume sottopose la riva ad una vigorosa erosione di sponda. Nei terreni a monte della riserva, ove erano presenti coltivazioni di pioppi ibridi, l'erosione demolì le fragili sponde, invece la sponda sulla quale era presente la foresta fu erosa con una velocità decisamente più lenta; 5) la foresta naturale accumula anidride carbonica. Ricerche sulla capacità di sequestro di CO₂ da parte di alcuni ecosistemi della pianura Padana hanno dimostrato che la riserva svolge un importante ruolo nel sequestro di tale gas, con un'efficacia ben superiore agli altri ecosistemi studiati,

che sono la risaia e le coltivazioni di pioppi ibridi 6) la foresta naturale è un modello. Il Bosco Siro Negri offre, pur nella sua limitata estensione (circa 10 ettari), scorci e suggestioni di un mondo scomparso da millenni nella Pianura Padana ed è una testimonianza utile, non solo scientificamente, ma anche per la didattica e la divulgazione.

Infine va ricordata l'attività quinquennale della Banca dei semi (LSB), che, per conto della Regione Lombardia (CFA), archivia e testa la vitalità dei semi delle piante autoctone lombarde. Attualmente risultano già conservate un terzo delle specie presenti in regione.

2.6 Diagnosi di patologie fungine

Alcune ricerche in atto sono finalizzate alla diagnosi delle fitopatologie causate da funghi, di elevata pericolosità. Tali indagini vengono svolte, oltre che in un'ottica di protezione delle colture rappresentative del Nord Italia (riso, mais, orzo, frumento, vite,...) e delle piante arboree (in contesto cittadino, boschivo, forestale), su popolazioni di funghi notoriamente fitopatogeni, quali quelli appartenenti ai generi *Fusarium* e *Pyricularia*, sempre con un approccio integrativo morfo-dimensionale e biologico molecolare (aspetto, quest'ultimo, affrontato in collaborazione con l'ISPA - CNR di Bari) [73, 74, 75, 76, 77].

Nell'ambito della lotta alle malattie delle piante, mediante sistemi di lotta biologica, vengono selezionati ceppi fungini con spiccate proprietà antagonistiche, dimostrate *in vitro*, nei confronti di funghi fitopatogeni. Su questi funghi vengono svolte analisi di rischio per un'eventuale applicazione degli stessi negli ambienti agroforestali, basate su esperimenti condotti in ecosistemi semplificati artificiali che simulano le condizioni naturali (microcosmi) e in campo. Tra i diversi risultati ottenuti si segnala la recente individuazione di un ceppo di *Trichoderma atroviride*, attivo contro *Armillaria mellea*, agente di marciume basale della vite. Il ceppo presenta caratteristiche di rapida dispersione e persistenza stabile nel suolo che ne fanno un ottimo candidato come agente di biocontrollo [78, 79].

Citiamo anche le ricerche che si sviluppano nell'ambito delle diagnosi delle patologie fungine dell'uomo e degli animali, anche in collaborazione con centri medici e veterinari sia pubblici che privati.

I funghi responsabili della malattia, in seguito ad isolamento e caratterizzazione morfologica, sono indagati anche ai fini della loro diffusione nella popolazione e del loro controllo farmaceutico [80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87].

Particolare attenzione viene dedicata a ricerche e segnalazioni di funghi contaminanti o potenzialmente tossigenici per le derrate alimentari [88, 89], in quanto, tali entità, non solo possono contaminare gli alimenti, sia in fase di campo che di produzione o conservazione, ma la conseguente potenziale attività metabolica di alcuni funghi, capaci di produrre e rilasciare nel substrato metaboliti tossici noti come "micotossine", può ulteriormente influire sulla qualità degli alimenti, in termini di sicurezza sanitaria.

Negli ultimi anni è sempre più crescente l'interesse volto all'individuazione di nuovi organismi efficaci in azioni di controllo biologico, finalizzate alla riduzione della densità di inoculo o delle capacità patogeniche di un parassita, nel suo stato attivo o dormiente.

Ricerche vengono svolte nell'ambito degli agenti biologici fungini utilizzabili nel controllo delle malattie delle piante (si veda paragrafo 2.1 Tassonomia).

3 Considerazioni conclusive

Articoli, frutto delle ricerche sopra ricordate, sono stati pubblicati, in particolare, sulle seguenti riviste internazionali: *Annals of Botany*, *Annals of Forest Science*, *Basic and Applied Ecology*, *Biodegradation*, *Biodiversity and*

Conservation, Biological Conservation, Botanica Helvetica, Botanical Journal of the Linnean Society, Canadian Journal of Botany, Climate Dynamics, Environment International, Environmental Pollution, Extremophiles, Flora, Journal of Applied Ecology, Journal of Applied Microbiology, Journal of Ecology, Journal of Plant Pathology, Journal of Plant Physiology, Journal of Vegetation Science, Mycological Research, Mycotaxon, Plant Biosystems, Plant Disease, Polar Biology, Seed Science and Technology, Seed Science Research, Taxon, Trees.

Ringraziamenti. L'autore è grato a tutti i colleghi e collaboratori del Dipartimento che hanno fornito dati per la stesura del presente lavoro: F. Sartori, M.G. Valcuvia Passadore, A.M. Picco, G. Del Frate, P. Nola, M. Brusoni, S. Assini, S. Tosi, E. Savino, M. Rodolfi, G. Parolo, R. Negri, A. Mondoni, V. Dominione, E. Vegini. Inoltre un particolare ringraziamento a E. Tazzari per il suo aiuto nella redazione del testo.

4 Bibliografia

- [1] AA.VV., Storia e Immagini dell'Orto Botanico di Pavia (edizioni Antares, Pavia, 2002) 187 pp.
- [2] G. Belli, A.M. Picco, S. Quaroni, Inizi e sviluppi della patologia vegetale in Lombardia, *Petria* **17** (1), 27 (2007).
- [3] B. Foggi, G. Rossi, G. Parolo, C. Wallossek, Il genere *Festuca* e i generi affini per la nuova "Flora critica d'Italia". I. *Festuca* sct. *Eskia* Willk. (Poaceae), Contributi alla realizzazione della Flora critica d'Italia, *Inf. Bot. Ital* **39** (1), 199 (2007).
- [4] M. Brusoni, R. Negri, L. Conti. A biosystematic study of biodiversity in *Viola comollia* Massara, Book of Abstracts, 10th Symposium of the International Organization of Plant Biosystematist, Vysokè Tatry, Slovakia, 2-4 July 2008, p.55 (2008).
- [5] M. Brusoni, D. Chiappetta, M. Valcuvia Passadore, L'indagine biosistemica applicata allo studio della biodiversità: ricerche svolte a Pavia, Atti 100° Congresso SBI Roma, *Inf. Bot. Ital.* **37** (1, parte A), 16 (2005).
- [6] E. Piotti, M.M. Rigano, D. Rodino, M. Rodolfi, S. Castiglione, A.M. Picco, F. Sala, Genetic Structure of *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. Isolates from Italian Paddy Fields, *Journal of Phytopathology* **153**, 80 (2005).
- [7] S. Tosi, G. Caretta, R.A. Humber, *Conidiobolus antarcticus*, a new species from continental Antarctica, *Mycotaxon* **90** (2), 343 (2004).
- [8] S. Tosi, B. Casado, R. Gerdol, G. Caretta, Fungi isolated from Antarctic mosses, *Polar Biology* **25**, 262 (2002a).
- [9] S. Onofri, L. Zucconi, S. Tosi, Continental Antarctica Fungi (IHW-Verlag, 2007).
- [10] M. Galvagno, M. Valcuvia, M. Brusoni, D. Chiappetta, Analisi biomolecolari mediante RAPD-PCR in *Cladonia pocillum* (Ach.) O. J. Rich., *Notiziario della Società Lichenologica Italiana* **19**, 64 (2006).
- [11] D. Isocrono, C. Bono, G. Rossi, A. Rampa, E. Savino, M. Valcuvia, L. Mangano, G. Santamaria, F. Sartori, "Carta Naturalistica della Lombardia": a geographic information system for collecting, managing and visualizing data (Boccone, in stampa).
- [12] M. Brusoni, R. Negri, Valutazione della potenziale capacità invasiva di specie vegetali alloctone nell'agroecosistema, *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano* **36**, 46 (2008).
- [13] R. Negri, Evaluation of the biodiversity in the synanthropic plant communities after the application of the agri-environmental action programmes of the EU common agricultural policy, *Scientifica Acta* Vol. 2, No. 2, pp. 80-84 (2008).
- [14] S. Assini, F. Bracco, A. Carrera, Stato delle Conoscenze floristico-vegetazionali sul corso planiziale del fiume Po (Biologia Ambientale, in press).
- [15] S. Onofri (coordinato da), Checklist dei funghi italiani, Basidiomycota (Carlo Delfino editore, Sassari, 2005), 380 pp.
- [16] E. Savino, C. Buratti, E. Salerni, C. Perini, Presenza di basidiomiceti sul territorio lombardo: confronto fra le diverse province, *Pagine di Micologia* 27/28, 31 (2007).
- [17] A. Bernicchia, E. Savino, S. Pérez Gorjón, Aphyllporaceous wood-inhabiting fungi on *Abies alba* in Italy, *Mycotaxon* **100**, 185 (2007a).
- [18] A. Bernicchia, E. Savino, S. Pérez Gorjón, Aphyllporaceous wood-fungi on *Pinus* spp. in Italy, *Mycotaxon* **101**, 5 (2007b).
- [19] A. Callegari, C. Delucchi, M. Valcuvia Passadore, Interazioni tra licheni crostosi e serpentiniti dell'Appennino Pavese, *Rev. Valdôtaine Hist. Nat.* **58**, 41 (2004).
- [20] S. De Vita, M. Valcuvia Passadore, Considerazioni sulla flora lichenica ofiolitica del Giardino Alpino di Pietra Corva (Appennino settentrionale, Lombardia), *Rev. Valdôtaine Hist. Nat.* **58**, 31 (2004).
- [21] M. Valcuvia Passadore, C. Delucchi, Indagini preliminari sui licheni delle ofioliti dell'Appennino pavese e piacentino, in: A. Sacconi (ed.), *Le ofioliti isole sulla terraferma. Per una rete di Aree Protette*, Atti Convegno Nazionale, Riserva Naturale Monte Prinzera (PR), Italy, 22-23 giugno 2001, pp. 83-89 (2002).

Commento: Questa correzione è quella definitiva (sostituisce quella di A. Picco). Ho tolto et al e corretto.

- [22] M. Valcuvia Passadore, G. Brusa, D. Chiappetta, C. Delucchi, M. Garavani, V. Parco, Licheni, in: D. Furlanetto (ed.), *Atlante della biodiversità nel Parco Ticino, Monografie*, 2, pp. 7-44 (Consorzio Lombardo Parco della Valle del Ticino, Pontevecchio di Magenta (MI), 2002).
- [23] G. Parolo, G. Rossi, Upward migration of vascular plants following a climate warming trend in the Alps, *Basic and Applied Ecology* 9, 100 (2008).
- [24] R. Motta, P. Nola, Growth trends and dynamics in subalpine forest stands in the Varaita Valley (Piedmont, Italy) and their relationships with human activities and global change, *Journal of Vegetation Science* 12, 219 (2001).
- [25] R. Motta, M. Morales, P. Nola, Human land-use, forest dynamics and tree growth at treeline in the Western Italian Alps, *Annals of Forest Science* 63, 739 (2006).
- [26] M. Carrer, P. Nola, J.L. Eduard, R. Motta, C. Urbinati, Regional variability of climate-growth relationships in *Pinus cembra* high elevation forests in the Alps, *Journal of Ecology* 95, 1072 (2007).
- [27] E. Lingua, P. Cherubini, R. Motta, P. Nola, Spatial structure along an altitudinal gradient in the Italian Central Alps suggests competition and facilitation among coniferous species, *Journal of Vegetation Science* 19, 425 (2008).
- [28] P. Nola, M. Morales, R. Motta, R. Villalba, The role of larch budmoth (*Zeiraphera diniana* Gn.) on forest succession in a larch (*Larix decidua* Mill.) and Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) stand in the Susa Valley (Piedmont, Italy), *Trees* 20, 371 (2006).
- [29] R. Motta, P. Nola, P. Piussi, Long-term investigations in a strict forest reserve in the eastern Italian Alps: spatio-temporal origin and development in two multi-layered subalpine stands, *Journal of Ecology* 90, 495 (2002).
- [30] A. Nicault, S. Alleaume, S. Brewer, M. Carrer, P. Nola, E. Gutierrez, J.L. Edouard, C. Urbinati, J. Guiot, Mediterranean drought fluctuation during the last 500 years based on tree-ring data, *Climate Dynamics* 31, 227 (2008).
- [31] F. Sartori, N. Gallinaro, *A fiamme spente. Gestire il dopo incendio nelle foreste (Regione Lombardia, 2005)*, pp. 1-207.
- [32] C. Farioli, P. Pileri, S. Assini, Progetto di rinaturazione delle fasce fluviali del Fiume Po, *Alberi e Territorio*, 7-8, 17 (2007).
- [33] M. Brusoni, P. Manella, A biosystematic study of biodiversity in *Rumex scutatus* L. (Polygonaceae), *Atti del Convegno "9th IOPB Meeting"*, Valencia, Spain, 16-19 maggio 2004, p. 150 (2004).
- [34] F. Colombo Speroni, F. Sartori, Ecological studies of plants natives of the northwest Argentina for applicative proposes in the ornamental market, *Scientifica Acta* 2, No. 2, pp. 60-64 (2008).
- [35] A.M. Picco, D. Rodino, M. Rodolfi, O. Del Barba, Micromycetes from a PCBs contaminated field in Northern Italy: preliminary investigation, 13th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium (IBBS-13), Madrid, Spain, 4-9 September 2005, p. 203.
- [36] D. Rodino, M. Rodolfi, N. Rizzini, A.M. Picco, Preliminary mycological analysis of a contaminated lake in Northern Italy, 13th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium (IBBS-13), Madrid, Spain, 4-9 September 2005, p. 244.
- [37] S. Tosi, A.M. Picco, M. Rodolfi, A. Balestrazzi, M. Allevi, Fungal and bacterial biodiversity in hydrocarbon polluted soils, 14th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium, S. Alessio Siculo (Messina), Italy, 6-11 October 2008 (2008).
- [38] A.M. Picco, M. Rodolfi, Airborne fungi as biocontaminants at two Milan underground stations, *International Biodeterioration & Biodegradation* 45, 43 (2000).
- [39] C. Dacarro, A.M. Picco, P. Grisoli, M. Rodolfi, Determination of aerial microbiological contamination in scholastic sports environments, *Journal of Applied Microbiology* 95, 904 (2002).
- [40] M. Rodolfi, E. Lorenzi, A.M. Picco, Study of the occurrence of greenhouse microfungi in a Botanical Garden, *Journal of Phytopathology* 151, 591 (2003).
- [41] A.M. Picco, M. Rodolfi, Assessments of Indoor Fungi in Selected Wineries of Oltrepo Pavese (Northern Italy) and Sottoceneri (Switzerland), *American Journal of Enology and Viticulture* 55, chap. 4, 355 (2004b).
- [42] G. Del Frate, M. Rodolfi, Airborne moulds in bakeries, 28th International Congress on Occupational Health "Renewing a century of commitment to a healthy, safe and productive working life", Milan, Italy, 11-16 June 2006, p. 425 (2006).
- [43] A.M. Picco, M. Rodolfi, Different experiences in monitoring fungal bioaerols in Northern Italy, in: R. Keller, K. Senkpiel, H.P. Seidl (eds.), *Einfluss von Klimafaktoren auf Mikroorganismen und Baumaterialien* (Schmidt Römhild, Lübeck, 2007), pp. 55-72.
- [44] P. Grisoli, M. Rodolfi, S. Villani, E. Grignani, D. Cottica, A. Berri, A.M. Picco, C. Dacarro, Assessment of airborne microorganism contamination in an industrial area characterized by an open composting facility and a wastewater treatment plant, *Environmental Research* 109, 135 (2009).
- [45] M. Guglielminetti, La popolazione fungina e il suo possibile ruolo nella degradazione del manufatto, in: *Gli armadi lignei della Sacrestia Nuova della Certosa di Pavia. Memorie*, Vol. 42 (Istituto Lombardo, Accademia di Scienze e Lettere, Classe di Lettere, Scienze Morali e Storiche, 2002), pp. 99-106.
- [46] M. Guglielminetti, C. Buratti, E. Savino, A. Callegari, B. Messiga, M. P. Riccardi, Biodeteriogenic fungi isolated from historic window glass in Certosa di Pavia (Italy), *Conservation Science 2007 Papers from the Conference, Conservation Science 2007*, Milano, Italy, 10-11 May 2007 (Archetype Publications, London, 2008) p. 95.

- [47] A.M. Picco, M. Rodolfi, Endophytism in grasses with reference to an experience in Northern Italy, in: A. Ragazzi, S. Moricca, I. Dellavalle (eds.), *Endophytism in Forest Trees*, Accademia Italiana di Scienze Forestali (Tipografia Coppini, Firenze, 2004a), pp. 203-219.
- [48] M. Rodolfi, S.E. Legler, A.M. Picco, Endofiti fungini di *Vitis vinifera* in Oltrepo Pavese, *Micologia Italiana* **3**, 25 (2006a).
- [49] E. Lorenzi, E. Lorando, A.M. Picco, Microfunghi endofitici ed epifitici di *Picea abies* (L.) Karst. in ambiente naturale ed antropizzato in Lombardia, *FOREST@* (on line) **3**, 426 (2006).
- [50] S. Tosi, S. Onofri, M. Brusoni, L. Zucconi, H. Vishniac, Response of Antarctic soil fungal assemblages to experimental warming and reduction of UV radiation, *Polar Biology* **28** (6), 470 (2005).
- [51] S. Onofri, M. Fenice, A.R. Cicalini, S. Tosi, A. Magrino, S. Pagano, L. Selbmann, L. Zucconi, H. Vishniac, R. Ocampo-Friedmann, E.I. Friedmann, Ecology and biology of microfunghi from Antarctic rocks and soils, *Italian Journal of Zoology* **67** (1), p. 163 (2000).
- [52] L. Bergamaschi, E. Rizzio, M. Valcuvia, P. Verza, A. Profumo, M. Gallorini, Determination of trace elements and evaluation of their enrichment factors in Himalayan lichens, *Environmental pollution*, **120**, 137 (2002).
- [53] E. Rizzio, L. Bergamaschi, M. Valcuvia, A. Profumo, M. Gallorini, Trace elements determination in lichens and in the airborne particulate matter for the evaluation of the atmospheric pollution in a region of northern Italy, *Environment International* **26**, 543 (2001).
- [54] M. Brusoni, M. Valcuvia Passadore, Indagini lichenologiche condotte nelle vicinanze di un cementificio di Broni (Pavia, Lombardia), *Quaderni Museo Civ. Voghera*, n. s. **1**, pp. 33-44 (2000).
- [55] L. Rossi, M. Brusoni, M. Valcuvia Passadore, C. Delucchi, Licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico in Valle Versa (Pavia, Lombardia), *Not. Soc. Lich. It.* **16**, 53 (2003).
- [56] C. Serio, M. Brusoni, M. Valcuvia Passadore, L. Bergamaschi, E. Rizzio, M. Gallorini, Determinazione di elementi in traccia in licheni della Valtellina mediante analisi per attivazione neutronica (INAA), *Not. Soc. Lich. Ital.* **14**, 76 (2001).
- [57] S. M. Costanza, D. Chiappetta, M. Valcuvia Passadore, Le comunità licheniche in un cimitero di un'area rurale della provincia di Pavia, *Not. Soc. Lich. Ital.* **21**, 44 (2008).
- [58] M. Rigamonti, E. Altobelli, D. Chiappetta, M. Valcuvia Passadore, I licheni di manufatti lapidei dell'Orto Botanico dell'Università di Pavia, *Not. Soc. Lich. Ital.* **20**, 59 (2007).
- [59] M. Rigamonti, D. Chiappetta, M. Valcuvia Passadore, M. Calvi, I licheni che crescono sulle statue nel parco del castello di Belgioioso (Pavia), *Not. Soc. Lich. Ital.* **21**, 42 (2008).
- [60] A. Mondoni, Field and laboratory studies of germination phenology in populations of *Anemone nemorosa* L. and *A. ranunculoides* L. from northern Italy, Tesi di dottorato di ricerca in Ecologia sperimentale e Geobotanica, Università degli Studi di Pavia (2007).
- [61] A. Mondoni, R. Probert, G. Rossi, F. Hay, C. Bonomi, Habitat-correlated seed germination behaviour in populations of wood anemone (*Anemone nemorosa* L.) from northern Italy, *Seed Science Research* **18**, 213 (2008).
- [62] A. Mondoni, R. Probert, G. Rossi, F. Hay, Habitat-related germination behaviour and emergence phenology in the woodland geophyte *Anemone ranunculoides* L. (Ranunculaceae) from northern Italy, *Seed Science Research* (2009, in press).
- [63] N. Ali, R. Probert, F. Hay, H. Davies, W. Stuppy, Post-dispersal embryo growth and acquisition of desiccation tolerance in *Anemone nemorosa* L. seeds, *Seed Science Research* **17**, 155-163 (2007).
- [64] S. Tosi, L. Annovazzi, I. Tosi, P. Iadarola, G. Caretta, Collagenase production in an Antarctic strain of *Arthrotrichum tortor* Jarowaja, *Mycopathologia* **153**, 157 (2002b).
- [65] Y.G. Gocheva, S. Tosi, E.T. Krumova, L.S. Slokoska, J.G. Miteva, S.V. Vassilev, M.B. Angelova, Temperature downshift induces antioxidant response in fungi isolated from Antarctica, *Extremophiles* **13**, 273 (2009).
- [66] J. R. Ramírez Yandry, E. Delgado Fernandez, M. Rodolfi, S. Tosi, Actividad antagonica de hongos endofitos de plantas medicinales del Ecuador sobre bacterias patogenas, *Boletín Micológico* **21**, 49 (2006).
- [67] G. Gilardoni, M. Clericuzio, S. Tosi, G. Zanoni, G. Vidari, Antifungal Acylcyclopentenediones from Fruiting Bodies of *Hygrophorus chrysodon*, *Journal of Natural Products* **70**, 137 (2007).
- [68] G. Rossi, R. Gentili, T. Abeli, D. Gargano, B. Foggi, F.M. Raimondo, C. Blasi (eds), *Flora da conservare. Iniziativa per l'implementazione in Italia delle categorie e dei criteri IUCN (2001) per la redazione di nuove Liste Rosse*, *Inf. Bot. Ital.* **40**, suppl. 1, 3 (2008).
- [69] A. Ferrarini, G. Rossi, G. Parolo, M. Ferloni, Planning low-impact tourist paths through the optimisation of biological and logistic criteria, *Biological Conservation* **141**, 1067 (2008).
- [70] G. Parolo, A. Ferrarini, G. Rossi, Optimization of tourism impacts within protected areas by means of genetic algorithms, *Ecological Modelling* **220**, 1138 (2009).
- [71] S. Assini, F. Sartori, The Po: an overview of the protection and conservation state of alluvial ecosystems, in: Trémolières M., Schnitzler A., (eds.), *Floodplain Protection, Restoration, Management. Why and How?* (Paris, 2007), pp. 27-36.
- [72] F. Sartori, Indagini naturalistiche e loro importanza nella gestione ambientale. Pianura (in press).
- [73] A.M. Picco, M. Rodolfi, *Pyricularia grisea* and *Bipolaris oryzae*: a preliminary study on the occurrence of airborne spores in a rice field, *Aerobiologia* **18**, 163 (2002).

- [74] A. Rozkowicz, A.M. Picco, M. Rodolfi, S. Pinamonti, G. Forlani, Differential responses in vitro of rice cultivars to Italian lineages of the blast pathogen *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. 1. Oxidative burst, *Journal of Plant Physiology* **160** (9), 1033 (2003).
- [75] M. Rodolfi, D. Rodino, A.M. Picco, A. Moretti, M. Biloni, M. Tabacchi, S. Martellos, G. Forlani, E. Nielsen, F. Sala, La colonizzazione fungina delle varietà di *Oryza sativa* L. coltivate in Italia: indagini e aspetti applicativi, *Informatore Botanico Italiano* **37** (1B), 864 (2005).
- [76] M. Biloni, M. Rodolfi, A.M. Picco, SiRBInt, a new simulation model to forecast rice blast disease, *Italian Journal of Agrometeorology* **3**, 58 (2006).
- [77] A.M. Picco, M. Rodolfi, F. Sartori, Ifomiceti della vegetazione della Riserva Naturale Integrale "Bosco Siro Negri", *Micologia Italiana* **1**, 67 (2007).
- [78] C.M. Longa Oliveira, I. Pertot, S. Tosi, Ecophysiological requirements and survival of a *Trichoderma atroviride* isolate with biocontrol potential, *Journal of Basic Microbiology* **48** (4), 269 (2008a).
- [79] C.M. Longa Oliveira, F. Savazzini, S. Tosi, Y. Elad, I. Pertot, Evaluating the survival and environmental fate of the biocontrol agent *Trichoderma atroviride* SC1 in vineyards in northern Italy, *Journal of Applied Microbiology* (2008b, in press).
- [80] M. Guglielminetti, E. Valoti, P. Cassini, G. Taino, G. Caretta, Respiratory syndrome very similar to extrinsic allergic alveolitis due to *Penicillium verrucosum* in workers in a cheese factory, *Mycopathologia* **149** (3), 123 (2000).
- [81] N. Mancini, C.M. Ossi, M. Perotti, S. Carletti, C. Gianni, G. Paganoni, S. Matuska, M. Guglielminetti, A. Cavallero, R. Burioni, P. Rama, M. Clementi, Direct sequencing of *Scedosporium apiospermum* DNA in the diagnosis of a case of keratitis, *Journal of Medical Microbiology* **54** (9), 897 (2005).
- [82] D. Rovegno, M. Guglielminetti, S. Martellos, On-line identification key of keratinophilic and keratinolytic fungi, 16th ISHAM - Congress of the International Society for Human and Animal Mycology, Paris, France, 25-29 June 2006. P-0755. (2006).
- [83] E. Savino, M. Guglielminetti, D. Rovegno, G. Caretta, I funghi nella patologia umana, in: *Annales Confederationis Europaeae Mycologiae Mediterraneensis*, 12th Giornate Micologiche della CEMM, Norcia, Italy, 7-13 Novembre 2004, pp. 111-119 (2004).
- [84] R. Migliavacca, E. Nucleo, F. Zara, S. Asticcioli, M. Spalla, R. Daturi, A. Spinillo, M. Guglielminetti, L. Pagani, Prevalence and sensitivity profile to 5 antifungal agents of yeasts species causing onychomycosis and vaginitis, 13th European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, Glasgow, UK, 10-13 May 2003, *Clinical Microbiology and Infection Diseases* **9** (1), 952 (2003).
- [85] S. Florio, C. Picone, G. Damiani, M. Guglielminetti, Phenotypic and molecular diversity among environmental and clinical isolates of *Aspergillus fumigatus* group, 8th Congress of the European Confederation of Medical Mycology – ECMM, Budapest, Hungary, August 25-27, 2002. *Mycoses* **45**, 18 (2002).
- [86] M. Guglielminetti, N. Solari, S. Martellos, G. Del Frate, A database of Italian keratinophilic fungi, 7th IMC - International Mycological Congress, Oslo, Norway, 11-17 August 2002, p. 156.
- [87] N. Solari, R. Carminati, M. Guglielminetti, Extracellular enzymatic activities of dermatophytes and keratinophilic fungi, 8th Congress of the European Confederation of Medical Mycology-ECMM, Budapest, Hungary, 25-27 August 2002, *Mycoses* **45**, 59 (2002).
- [88] A.M. Picco, D. Rodino, M. Rodolfi, A. Moretti, G. Mulè, A. Susca, R. Ferracane, Ritiene A, A. Tafuri, Toxigenic *Fusarium* species from rice seeds in Northern Italy. 11th Congress of Nazionale S.I.Pa.V., Milano, 29 Settembre-1 Ottobre 2004, Abstract on *Journal of Plant Pathology* **86** (4), 329 (2004).
- [89] M. Rodolfi, A.M. Picco, L. Menghini, F. Epifano, A. Musti, R. Cocco, Detection and toxigenic evaluation of endophytic strains of *Aspergillus flavus* from Italian rice seeds, 12th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Rhodes Island, Greece, 11-15 June 2006, pp. 419-421 (2006b).