

SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA

GRUPPO PER LA BRIOLOGIA

VI RIUNIONE SCIENTIFICA

SU

IL RUOLO DELLE BRIOFITE NELLA CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBIENTE:
PROBLEMATICHE E STATO DELL'ARTE IN ITALIA

Cagliari
1 giugno 2007

PREMESSA

In data 1 Giugno presso il Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università di Cagliari, si è riunito il Gruppo per la Briologia in occasione della VI Riunione Scientifica dal tema "Il ruolo delle Briofite nella caratterizzazione dell'ambiente: problematiche e stato dell'arte in Italia". Dopo i saluti di benvenuto del Direttore prof. A. Scrugli, il pensiero dei partecipanti è stato rivolto alla compianta prof.ssa Carmela Cortini, venuta a mancare il 29 aprile 2007. Il Coordinatore ricorda affettuosamente la Sua figura, i meriti scientifici, le Sue grandi doti umane, la costante disponibilità ampiamente elargita nei confronti dei Suoi allievi. Ricorda ancora l'ultimo incontro quando, in occasione della V Riunione scientifica avvenuta a Catania, Le è stato dedicato un volume di Braun Blanquetia con una raccolta di lavori briologici e Le è stata

consegnata una targa con la motivazione che riassume i tratti più salienti del Suo operato scientifico: "Per i suoi meriti scientifici, per aver dato vita e fatto crescere la Briologia in Italia". Segue un intervento del prof. M. Aleffi che ripercorre le fasi più significative della vita in veste di ricercatore, di moglie, di docente, di rispettabile amica.

Dopo questi intensi momenti di raccoglimento si procede con una relazione introduttiva e le comunicazioni, complessivamente in numero di nove di cui due a tema libero. Di queste, a seguire, vengono presentati gli abstracts pervenuti al Coordinatore.

Catania, 15 novembre 2007

[a cura di M. PRIVITERA]

ABSTRACTS

I Muschi per l'Ambiente: applicazioni in micro e macro aree

R.M. CENCI. Commissione Europea, Centro Comune di Ricerca di Ispra, Istituto dell'Ambiente e della Sostenibilità, Unità Suolo e Rifiuti T.P. 460.

Il controllo della qualità dei comparti ambientali diviene giorno dopo giorno sempre più indispensabile. Occorre avere dati sempre aggiornati per poter decidere e prendere in tempi brevi misure protettive per la salute dell'uomo.

Le metodiche "tradizionali", che si basano prevalentemente su analisi chimiche, hanno giocato e ancora oggi giocano un ruolo fondamentale nel fornire dati relativi alla qualità dell'ambiente.

Da alcuni decenni si utilizza la bioindicazione e la biodiversità per il monitoraggio dell'aria, del suolo, dell'acqua, dei sedimenti, eccetera. I primi passi sono stati indecisi, ma ora la bioindicazione riveste un ruolo molto importante e indispensabile.

Le motivazioni che hanno portato e portano all'utilizzo dei bioindicatori o dei concetti di biodiversità sono molteplici. Appare opportuno citare il ridotto costo di gestione dei bioindicatori, la loro plasticità di adattamento, la possibilità di investigare grandi aree, la valutazione delle sinergie dei vari contaminanti. L'elenco sarebbe molto lungo.

I licheni hanno giocato un ruolo fondamentale per valutare la SO₂ presente nelle città e in molti ambienti extraurbani. Le foglie di tabacco per l'ozono, gli aghi di pino o le foglie di leccio per metalli pesanti, diossine.

Nel panorama dei bioindicatori i muschi rivestono una parte preponderante per valutare parte della qualità dell'aria e le ricadute al suolo di metalli pesanti, radioelementi, diossine, idrocarburi policiclici aromatici e altri contaminanti persistenti.

Tre sono gli aspetti salienti che hanno decretato il successo dei muschi:

- 1) La vastità di impiego su vasta scala quale ad esempio lo studio di monitoraggio ideato da Rühling per l'intera Europa.
- 2) I muschi sono normati, quindi si possono paragonare i dati raccolti.
- 3) Le caratteristiche intrinseche dei muschi.

Quest'ultimo aspetto semplifica il loro utilizzo rispetto ad altri vegetali.

I campi di applicazione vanno dal cortile di casa ai continenti. Sono molto utilizzati per valutare il "livello zero" prima dell'entrata di grossi impianti e

seguirne il decorso nel tempo.

Occorre comunque tenere presente che l'utilizzo dei bioindicatori deve essere sempre affiancato con i "metodi classici", inoltre le informazioni che si ottengono presentano una "finestra" di interpretazione più ampia e di tipo ambientale.

Mosses in the assessment of trace metal pollution in a site at high environmental risk

M. SCHINTU¹, A. COGONI², M. ANGIUS¹, B. MARRAS¹, P. MELONI¹ e A. CONTU¹. ¹Dipartimento di Sanità Pubblica, Università di Cagliari. ²Dipartimento di Scienze Botaniche, Università di Cagliari.

The suitability of mosses to monitor trace metal deposition has been generally recognised since the early investigations in northern Europe by RUHLING, TYLER (1968, 1971). Biomonitoring with mosses does not need expensive equipment, high element concentrations in mosses lead to simpler analysis and fewer contamination problems, and the results give an integrated exposure over 2-3 years. Mosses have been largely used to study element and radioactive fallout both on a large geographic scale and in areas surrounding industrial installations. Furthermore, attempts have been made to establish connections between some human diseases and biomonitoring data (WAPPELHORST *et al.*, 2000). Most of the studies have successfully employed the mosses *Hylocomium splendens* (Hedw) Bruch & *al.*, *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. and *Hypnum cupressiforme* Hedw. (ONIANWA, 2001). As these species are no common or generally available in southernmost countries, there is a need to employ alternate moss species for monitoring studies, especially on a local scale. In the Mediterranean area, the island of Sardinia (Italy) is characterised by the presence of a bryoflora typical of coastal environments, which consists of species resistant to marine aerosol, such as *Bryum radiculosum* Brid., *Aloina aloides* (Schultz) Kindb., *Tortella flavovirens* (Bruch) Broth. and *Rhynchostegium megapolitanum* (Weber & D. Mohr) Bruch & *al.* These species colonise xeric habitats, which are vulnerable to the variability of ecological conditions and anthropogenic inputs.

In this research *Bryum radiculosum* was used for monitoring atmospheric heavy metal deposition in a large territory in Sardinia exposed to the release of

contaminants from the Portoscuso industrial site, which includes a lead-zinc smelter, a coal-fired power plant, and aluminium production from bauxite. With the aim of evaluating the suitability of *B. radiculosum* as a biomonitor, a comparison was carried out with bulk deposition of elements at the same moss sampling stations. Samples of *B. radiculosum* were collected from 13 stations in an area of about 250 km² surrounding the industrial settlement. Background sampling stations for moss analysis were placed on three small, uninhabited islands off Sardinia, very far from the pollution sources (Serpentara, Cavoli and Maldiventre). Collection of moss samples was performed according to the protocol recommended by RÜHLING *et al.* (1996). Moss and bulk depositions were analysed for Cd, Cr, Cu, Pb, V and Zn by atomic absorption spectrometry. The results highlighted the sources of pollution and the extent of contamination in the area. There was a significant relationship between metal concentration and distance from the industrial site for all metals except Cr and Cu. The regression between moss concentration and bulk deposition values showed high significant correlation for Pb, and slight significant for Cd and Zn. For Cr, Cu and V the results showed high variability between the results, may be ascribed to soil factors.

LETTERATURA CITATA

- ONIANWA P. C., 2001 – *Monitoring atmospheric metal pollution: a review of the use of mosses as indicators*. Environ. Monit. Assess., 71(1): 13-50.
- RÜHLING A., TYLER G., 1968 – *An ecological approach to lead problem*. Bot. Notiser, 121: 321-342.
- , 1971 - *Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss Hyloconium splendens (Hedw.) Br et Sch.* Oikos, 21: 92-97.
- RÜHLING A., STEINNES E., BERG T., 1996 – *Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1995*. NORD 1996, 37 (Nordic Council of Ministers, Copenhagen).
- WAPPELHORST O., KUHN I., OEHLMANN J., MARKERT B., 2000 – *Deposition and disease: a moss monitoring project as an approach to ascertaining potential connection*. Sci. Total Environ., 249: 243-256

Briofite e biodiversità nelle fitocenosi di due valli alpine

F. ZAVAGNO. Centro studi ambientali “*il canneto*”.

Sono state indagate le comunità a briofite e licheni di due comprensori del versante valtellinese delle Alpi Orobie (Valli del Bitto e Val Belviso). Il territorio considerato si estende per circa 150 km² e va dai circa 300 m s.l.m. del fondovalle valtellinese, nei pressi di Morbegno, sino ai 2.911 m del M. Torena (Val Belviso), con un'escursione altimetrica massima di circa 2.500 m. La densità di campionamento è stata di circa 1 stazione/km² (129 stazioni in totale, distribuite in funzione della quota e delle differenti tipo-

logie ambientali presenti); i campionamenti sono stati effettuati su superfici standard di 100 m². Sono stati censiti 255 *taxa* di briofite, di cui 200 muschi e 55 epatiche, e 88 di licheni. Si riscontra una marcata selettività dei *taxa* rinvenuti nei confronti del tipo di substrato: le specie esclusivamente epigee sono più del 40% del totale, con valori però molto differenti per briofite e licheni (rispettivamente circa 52% e 11%). I valori si modificano sensibilmente nel caso delle componenti epifitica ed epilittica (rispettivamente 41% e 35% per i licheni, 3% e 14% per le briofite). Pochi sono i *taxa* ubiquisti (circa 7% in totale, con quote abbastanza simili per i due gruppi considerati), mentre la maggiore affinità si riscontra tra la componente epigea e quella epilittica (14% di specie in comune, con una netta prevalenza di briofite). L'andamento della ricchezza floristica (numero medio di specie per campionamento) evidenzia i seguenti caratteri significativi: il parametro risulta tendenzialmente proporzionale alla complessità strutturale dell'habitat; la componente briologica appare più ricca e diversificata, soprattutto nel caso delle cenosi epigee, i licheni prevalgono su corteccia e substrati lapidei; il peso della componente lichenica aumenta all'aumentare della quota, mentre si riscontra una tendenza opposta nel caso delle briofite. Un'indagine di maggiore dettaglio ha riguardato una serie di aree-campione (superficie compresa tra 25 e 100 m²), nell'ambito delle macrotipologie di vegetazione individuate, con rilevamento della copertura vegetale secondo un reticolo a maglie quadrate di dimensioni minime di 10 cm di lato. La ricchezza floristica “unitaria” (numero medio di specie/m²) appare correlata al gradiente strutturale, con valori più elevati nel caso di boschi e arbusteti. Per quanto riguarda la ricchezza floristica complessiva (numero totale di specie presenti all'interno dell'area rilevata), i boschi si confermano come l'habitat più ricco, con particolare riferimento alla pecceta (circa 40 specie di briofite solo nell'ambito della componente terricola), arbusteti e vegetazioni erbacee sono caratterizzati da valori mediamente più bassi e simili tra loro. La diversità si esprime a scale spaziali differenti, secondo il grado di complessità strutturale della vegetazione: in particolare, le cenosi erbacee evidenziano una maggiore ricchezza su piccola scala, a cui corrisponde però una notevole uniformità del mosaico complessivo.

È stata inoltre analizzata l'eterogeneità spaziale delle singole cenosi, nell'ambito dei differenti strati di vegetazione tramite un indice derivato dal *Relative Patchiness Index* (ROMME, 1982). Il contributo maggiore all'eterogeneità è fornito, quasi sempre, dalla componente lichenico-muscinale, con particolare riferimento alla copertura epigea. Anche l'eterogeneità è quindi correlabile al gradiente strutturale, con valori progressivamente crescenti a partire dallo strato arboreo sino a quello lichenico-muscinale.

LETTERATURA CITATA

- ROMME W.H., 1982 – *Fire and landscape diversity in sub-alpine forests of Yellowstone National Park*. Ecological Monographs, 52: 199-221.

L'informazione briofloristica per la valutazione dell'impatto antropico: indagini in aree urbane, rurali e seminaturali della provincia di Palermo

P. CAMPISI, M.G. DIA, F. PROVENZANO e C. PIZZO.
Dipartimento di Scienze Botaniche, Università di Palermo.

Come è noto non solo le città ma anche altri ambiti territoriali sempre più grandi soffrono di un significativo "deficit ecologico" che non può essere sottovalutato ai fini di una corretta gestione dell'ambiente e della salute pubblica. Alla luce di ciò sempre più articolate sono le metodologie di analisi e monitoraggio della qualità ambientale, nel cui contesto si inquadrano le indagini di biomonitoraggio tramite i vegetali, tra i quali particolarmente utilizzati per le loro caratteristiche eco-fisiologiche sono i licheni e le briofite.

Con riferimento alla Sicilia lo studio delle briofite delle aree antropizzate ha riguardato soprattutto aree urbane, le cui brioflore sono state oggetto di un'analisi comparata che ne ha evidenziato i principali caratteri ecologici (LO GIUDICE, 1994; LO GIUDICE *et al.*, 1997; DIA *et al.*, 2003). Acquisite le conoscenze di base sono state quindi condotte indagini di biomonitoraggio della qualità ambientale nell'ambito di un progetto, finanziato da Arpa Sicilia, che ha riguardato aree urbane ma anche aree industriali, rurali e seminaturali delle province di Palermo, Caltanissetta, Ragusa e Siracusa.

Con il presente contributo vengono illustrati alcuni risultati di quest'ultima ricerca relativi alla città di Palermo e a territori limitrofi. L'indagine, finalizzata ad individuare i *taxa* con valore di bioindicatori dell'impatto antropico (MT: marcatamente tolleranti; mT: mediamente tolleranti; pT: poco tolleranti) nonché indici briofloristici, è stata articolata in due fasi:

- analisi delle brioflore di singoli microhabitat, condotta in 56 aree-campione di 1 ha, che ha riguardato la città di Palermo ed aree rurali e seminaturali prossime ad essa;
- applicazione e verifica dei risultati ottenuti nella prima fase su aree più estese (45 ha) situate in contesti a diverso grado di alterazione ambientale nel palermitano.

Nei vari microhabitat sono stati registrati dati di presenza e frequenza dei *taxa* e sono stati calcolati gli indici briofloristici E/M (n. epatiche/n. muschi) e W/St (n. biotipi *wet*/n. biotipi *short turf*). Per quest'ultimo indice si è fatto riferimento alla classificazione dei biotipi di MÄGDEFRAU (1982).

In totale è stato possibile pervenire ad una valutazione del comportamento di 95 *taxa* (9 MT, 47 mT e 39 pT). Nelle aree a più elevato impatto lo studio ha evidenziato che mentre nei microhabitat dei suoli e dei substrati lapidei le specie in assoluto più tolleranti appartengono prevalentemente alla famiglia *Pottiaceae* (*Didymodon vinealis* (Brid.) R.H. Zander, *D. luridus* Hornsch., *Tortula muralis* Hedw.), che

come è noto è particolarmente rappresentata nelle aree a più alta antropizzazione, nel microhabitat delle pavimentazioni in materiali artificiali, che è più fortemente disturbato dal calpestio e dall'azione diretta dei gas di scarico automobilistico, le specie più resistenti appartengono invece alla famiglia *Bryaceae* (*Bryum argenteum* With., *B. bicolor* Dicks., *B. caespiticium* Hedw., *B. radiculosum* Brid.). E' stato osservato inoltre che specie alquanto diffuse in Sicilia e note dalla letteratura come tolleranti l'inquinamento atmosferico quali *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Bruch & al., *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Bruch & al., *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Syntrichia laevipila* Brid. non penetrano nelle aree urbane, se non raramente nelle grandi aree verdi. La classificazione dei *taxa* ha consentito di individuare un indice di Sensibilità, $IS = pT / (MT + mT)$, sperimentato anche nella città di Caltanissetta (LO GIUDICE *et al.*, 2006); la ricerca ha evidenziato, inoltre, che gli indici E/M e W/St e il n. di *taxa* sono utili a discriminare i contesti a differente grado di alterazione ambientale nelle aree urbane ma non sempre nel territorio extraurbano. Infine, un'analisi dello stato riproduttivo dei *taxa* ha consentito da una parte di confermare quanto già noto dalla letteratura riguardo alla tendenza alla diminuzione delle percentuali di sporificazione nelle aree a maggiore impatto e dall'altra di evidenziare un significativo aumento in queste stesse aree di *taxa* che si riproducono vegetativamente.

LETTERATURA CITATA

- DIA M.G., LO GIUDICE R., PRIVITERA M., 2003 – *Diversité bryophytique dans des aires urbaines de la Sicile*. *Bocconea*, 16(1): 115-132.
- LO GIUDICE R., 1994 – *Contributo alla conoscenza della brioflora urbana di Catania*. *Quad. Bot. Amb. Appl.*, 3: 3-10.
- LO GIUDICE R., DIA M.G., GUELI L., CAMPISI P., 2006 – *La brioflora urbana come strumento di valutazione ambientale nella città di Caltanissetta (Sicilia centrale)*. *Quad. Bot. Amb. Appl.*, 17(2): 33-47.
- LO GIUDICE R., MAZIMPAKA V., LARA F., 1997 – *The urban bryophyte flora of the city of Enna (Sicily, Italy)*. *Nova Hedwigia*, 64: 249-265.
- MÄGDEFRAU K., 1982 – *Life forms of Bryophytes*. In: SMITH A.J.E., *Bryophyte Ecology*: 45-58. Chapman and Hall, London.

Uno studio sulle Briofite, quali bioindicatori, nell'area pedemontana del versante orientale dell'Etna

M. PUGLISI¹, M. PRIVITERA¹, S. PULVIRENTI¹, G.M. BEONE² e R. CASSARO¹. ¹Dipartimento di Botanica, Università di Catania. ²Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale, Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza.

Il presente studio ha per oggetto il biomonitoraggio della qualità dell'aria nel versante orientale dell'Etna nel tratto compreso tra Giarre e Linguaglossa. Il

monitoraggio è stato effettuato utilizzando le capacità predittive delle briofite come biomonitors ed in particolare come bioaccumulatori. Il monitoraggio secondo la tecnica indiretta fondata sulla stima dello I.A.P. (indice di purezza atmosferica) o del L.B.I./B.B.I. (indice di biodiversità lichenica e/o briofitica) valutati sulla vegetazione epifitica nei territori dell'area mediterranea è particolarmente difficoltoso principalmente per la scarsa rappresentanza di un'adeguata copertura floristica epifitica; da qui la necessità, come già sperimentato e qui riproposto, di seguire tecniche alternative che fanno riferimento ad altri parametri, come il grado di tolleranza delle specie agli inquinanti, le life forms, la tipologia e il grado di riproduttività.

Nell'ambito della provincia di Catania, sono state indagate tre stazioni nel comprensorio di Giarre (Altarello, Macchia e Tre Punti in prossimità dello svincolo autostradale), tre stazioni nel comune di Piedimonte Etneo (S. Venera, S. Gerardo, Contrada Terremorte), una stazione a Linguaglossa. Per l'analisi floristica i campionamenti sono stati effettuati, in ogni stazione, all'interno di una superficie di 50 mq e per ogni specie presente sono stati valutati gli indici ecologici (DÜLL, 1991), lo stato di riproduttività, la tolleranza alla SO₂, il biotipo. Per la stima del bioaccumulo si è seguito il protocollo A.N.P.A. (CENCI, 1999), operando con prelievi su superfici di ca. 10 mq e con 5-10 subcampionamenti randomizzati. Sono stati analizzati per ogni campione le concentrazioni, espresse in mg/Kg, degli elementi in tracce Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn. Per quanto riguarda le specie, sono state testate *Scorpiurium circinatum* e *Homalothecium sericeum* ad Altarello, *Scelopodium touretii* nella stazione di Macchia, *Scorpiurium circinatum* a Trepunti e a S. Venera, *Isothecium alopecuroides* ed *Homalothecium sericeum* a Contrada Terremorte, ancora *Homalothecium sericeum* e *Pterogonium gracile* a Linguaglossa. Non è stato possibile, per mancanza di una copertura adeguata, testare *Hypnum cupressiforme*, specie classicamente utilizzata quale accumulatore in territorio nazionale.

Dai risultati è emerso che la maggiore biodiversità è stata riscontrata a Terremorte e a Linguaglossa, con una notevole componente di specie e di biotipi sensibili all'SO₂, soprattutto nella prima stazione, a differenza delle stazioni con forte impatto antropico, come quella dello svincolo autostradale, ove si instaura una selezionata brioflora fortemente resistente all'azione dei contaminanti da traffico stradale. I risultati del bioaccumulo non hanno evidenziato valori di allarme, confermando però una sostenuta ricaduta di Zn, già evidenziata per l'Etna in precedenti lavori (PRIVITERA *et al.*, 2003), in rapporto ai valori medi riscontrati in Sicilia e in Italia. Da evidenziare, con estrema precisione, un'impennata di bioaccumulo nella stazione di Altarello e soprattutto nello svincolo autostradale di Trepunti degli elementi Cu e Pb in particolare, a conferma delle alte capacità predittive delle briofite.

LETTERATURA CITATA

- CENCI R. M., 1999 – *L'utilizzo di muschi indigeni e trapiantati per valutare in micro e macro aree le ricadute al suolo di elementi in tracce: proposte metodologiche*. Atti Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale" ANPA (Roma, 26-27 novembre 1998): 241-263.
- DÜLL R., 1991 – *Indicator values of Mosses and Liverworts*. In: ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W., PAULIEN D., *Indicator values of plants in Central Europe*. 175-214. Göttingen.
- PRIVITERA M., PUGLISI M., CENCI R. M., DABERGAMI D., TRINCHERINI P., 2003 – *Deposizione di elementi in tracce nell'area del vulcano Etna valutati con muschi e suoli*. Boll. Soc. Ital. Sci. Suolo, 52(1-2): 789-800.

Tecnica dei moss-bags applicata al biomonitoraggio atmosferico in un'area del Sulcis (Sardegna sud-occidentale)

A. COGONI¹, F. FLORE¹, C. LOGGIA², A. RASPINO² e A. SCRUGLI¹. ¹Dipartimento di Scienze Botaniche Università di Cagliari. ²Saras Ricerche e Tecnologie S.p.A. Divisione Ricerche (Zona Industriale Capoterra, Cagliari).

Nell'ambito di un programma di monitoraggio di territori interessati dall'attività di raffinerie petrolchimiche, sono state svolte analisi di controllo sulla componente vegetale utilizzando i "moss-bags", contenenti *Hypnum cupressiforme* Hedw., come rilevatori di metalli in traccia presenti nell'ambiente. L'area in esame ricade nel territorio del Sulcis (settore sud-occidentale della Sardegna) in cui è presente il polo petrolchimico della SARAS S.p.A. (di importanza europea ed attivo in Sardegna sin dal 1965), il centro urbano di Sarroch e l'istituendo Parco Naturalistico del Sulcis. L'area indagata, di circa 25.000 ettari, si estende dalla costa alle retrostanti zone collinari e montane ricadenti nei bacini idrografici dei Rii di Santa Lucia, di San Gerolamo e di Pula. Tali peculiarità idrogeografiche hanno giustificato la progettazione di una diga la cui realizzazione ancor oggi resta incompiuta e versa in stato di abbandono, con conseguenti alterazioni del territorio.

La tecnica di allestimento dei "moss-bags" è quella proposta da CASTELLO *et al.* (1999) mentre il materiale esposto è stato analizzato in laboratorio secondo il protocollo di CENCI (1999). In questo lavoro vengono resi noti i risultati emersi dalle campagne di esposizione di "moss-bags" effettuate dal 1999 al 2006. In questo arco di tempo è stato possibile osservare le variazioni di concentrazione dei inquinanti catturati dall'*Hypnum cupressiforme* dei sacchetti sistemati in 10 stazioni scelte in relazione alle diverse tipologie vegetazionali, all'esposizione e a diverse distanze dalle fonti di emissione.

L'analisi dei risultati ha mostrato nel tempo una generale riduzione delle concentrazioni di As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb; peraltro in alcune stazioni perman-

gono concentrazioni moderatamente superiori ai valori limite degli elementi derivati dalla lavorazione di oli e petroli quali nichel e vanadio.

Ad integrazione di queste indagini sono state effettuate analisi di microscopia elettronica a scansione e con sonda a raggi X, ad esso collegata, per verificare l'integrità morfo-strutturale dei campioni esposti e le caratteristiche delle deposizioni superficiali delle polveri.

LETTERATURA CITATA

- CASTELLO M., CENCI R. M., GERDOL R., (1999) – *Proposte metodologiche per l'uso di briofite come bioaccumulatori di metalli in traccia*. Atti Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale". Roma, 26-27 Novembre 1998: 233-240.
- CENCI R.M., 1999 – *L'utilizzo di muschi indigeni e trapiantati per valutare in micro e macro aree la ricaduta al suolo di elementi in tracce: proposte metodologiche*. Atti Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale". Roma, 26-27 Novembre 1998: 241-263.

Realizzazione di una chiave interattiva per l'identificazione della flora muscinale: l'esempio della flora del Carso triestino e goriziano.

R. TACCHI¹, P.L. NIMIS² e S. MARTELLOS².
¹Dipartimento di Scienze Ambientali, sez. Botanica ed Ecologia (Camerino). ²Dipartimento di Scienze Biologiche (Trieste).

Nell'ambito del progetto *Dryades*, cofinanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica (MUR) e coordinato dal Prof. Nimis dell'Università di Trieste, sono stati realizzati diversi nuovi strumenti per l'identificazione interattiva dei vegetali (<http://www.dryades.eu/>). Il dottorato di ricerca (svolto dal primo autore) "Realizzazione di un sistema informativo della flora briologica del Carso triestino e goriziano" ha prodotto una checklist della flora briologica del Carso italiano ed una guida interattiva all'identificazione accessibile in rete. Questa è stata realizzata con l'uso di FRIDA (FRiendly IDentificAtion), programma ideato da S. Martellos e brevettato dall'Università di Trieste. Tale programma consente di creare flore regionali o locali, chiavi di identificazione per le specie di "habitat virtuali", definiti tramite la combinazione di dati distribuzionali con i valori di indici ecologici (NIMIS, MARTELLOS, 2005), chiavi per progetti di educazio-

ne ambientale nelle scuole, ecc. Tali guide non sono disponibili solo in rete, ma possono essere trasferite su CD- o DVD-Rom, palmari, smartphones oppure stampate come chiavi dicotomiche illustrate su carta. Questi strumenti sono un mezzo particolarmente efficace per la valutazione della biodiversità di un territorio, grazie alla semplicità d'uso ed al ricco corredo iconografico ed ipertestuale di cui sono corredati. Le chiavi prodotte con questo approccio, pur poggiando le proprie basi sulla sistematica classica, usano una gerarchia di caratteri svincolata dai classici schemi tassonomici. L'autore della chiave può mettere in evidenza per primi tutti i caratteri di semplice osservazione, oppure ecologico-distribuzionali che non sono usati nelle classiche flore stampate su carta, a causa della necessaria organizzazione sistematica dell'informazione che le caratterizza (NIMIS, MARTELLOS, 2001), Il processo di identificazione risulta notevolmente facilitato. Attualmente sono disponibili sul sito del progetto *Dryades* le guide interattive ai muschi del Monte Valerio (77 taxa) e del Carso triestino e goriziano (264 taxa). Le guide possono essere consultate tramite una interfaccia dicotomica, che presenta un solo carattere alla volta secondo la sequenza decisa dall'autore. Da essa è possibile generare in qualsiasi momento una chiave analitica illustrata per le specie rimanenti. I caratteri diacritici sono espressi in un linguaggio scientifico che è stato volutamente esplicitato e completato da disegni e fotografie, così da agevolare l'identificazione degli esemplari anche da parte di quegli utenti meno esperti. Una volta giunti all'identificazione della specie vengono riportate delle informazioni tratte dalla Flora dei muschi d'Italia (CORTINI PEDROTTI, 2001, 2006), come sinonimia, diagnosi, ecologia, periodo di sporificazione, frequenza ed eventuali noti, e un ricco apparato iconografico originale.

LETTERATURA CITATA

- CORTINI PEDROTTI C., 2001 – *Flora dei muschi d'Italia. Sphagnopsida, Andreopsida, Bryopsida (I parte)*. Vol. I. Antonio Delfino Editore, Roma.
- , 2006 – *Flora dei muschi d'Italia. Bryopsida (II parte)*. Vol. II. Antonio Delfino Editore, Roma.
- NIMIS P.L., MARTELLOS S., 2001 – *Testing the predictivity of ecological indicator values. A comparison of real and virtual releves of lichen vegetation*. Plant Ecol., 157: 165-172.
- , 2005 – *Guide alla flora I. Grado (GO), Magredi di Vivaro (PN), Ampezzo-Sauris (UD), M. Coglians (UD)*. Le guide di *Dryades* 2 - Serie Flore I (F-I). Edizioni Goliardiche, Trieste.