

Muschi e suoli per valutare la qualità dell'aria in Sicilia: uno studio sulla R.N.I. "Grotta Monello" (Siracusa, Sicilia sud-orientale)

M. PRIVITERA, A. ZIMBONE, G.M. BEONE, R.M. CENCI e M. PUGLISI

ABSTRACT - *Mosses and soil to evaluate the air quality in Sicily: a study on the Integral Natural Reserve "Grotta Monello" (Siracuse, SE Sicily)* - A study on the air quality by mosses in the Integral Natural Reserve "Monello Cave" is here presented. The floristic analysis agrees with the data on the bioaccumulation, emphasizing on the whole a quite good air quality. An exception is the element Vanadium, occurring in the Reserve with high values, as well as in many areas of the Mt. Etna, by assuming an alarm Vanadium in Sicily.

Key words: Bryophytes, soil, trace elements

Ricevuto il 4 Novembre 2009
Accettato il 2 Aprile 2010

INTRODUZIONE

La Riserva Naturale Integrale Grotta Monello è situata nel settore orientale dell'altopiano Ibleo, a 12 km dalla città di Siracusa. La Riserva è stata individuata ai sensi dell'art. 6 della legge regionale n. 14/88 quale Riserva Naturale Integrale con decreto del 4/11/1998 dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana. La Riserva è anche un S.I.C. (Sito d'Interesse Comunitario) ai sensi della Direttiva Habitat 92/43 CEE identificato dalla sigla ITA090011. L'area in studio si estende complessivamente per 56 ettari e, nonostante sia soggetta ad una forte pressione antropica, conserva molti aspetti di grande valore paesaggistico e naturalistico accogliendo delle emergenze floristiche e faunistiche degne di tutela ed attenzione per la loro salvaguardia nel tempo.

In questo contesto si inserisce il presente studio per il quale vengono utilizzate le briofite quale strumento di monitoraggio per la valutazione dello stato di salute dell'ambiente.

CARATTERISTICHE AMBIENTALI

Geologicamente caratterizzata da calcareniti, la Riserva presenta un clima tipicamente Mediterraneo. In particolare, dai dati termo-pluviometrici della stazione meteorologica di Floridia, la più prossima all'area studiata, si evince come la temperatura media annua sia di 17.9 °C, mentre le precipitazioni annue raggiungono i 760 mm. Facendo riferimento alla

classificazione bioclimatica di RIVAS MARTINEZ (1993), il clima di Floridia ricade nella fascia termomediterranea inferiore con ombroclima secco superiore (BRULLO *et al.*, 1996).

Note sulla flora e vegetazione superiore

La riserva accoglie un ricco contingente di fanerogame di cui alcune particolarmente interessanti e degne di rilievo. Si tratta di specie minacciate e a rischio di estinzione come *Urtica rupestris* Guss., endemica della regione Iblea, rinvenuta sotto la leccera del Vallone Moscasanti e in prossimità dell'ingresso della grotta dove trova un habitat idoneo per la sua sopravvivenza. La specie è inserita nella lista rossa regionale (CONTI *et al.*, 1997) con la categoria LR (Lower Risk). Un'altra specie da citare per il suo interesse fitogeografico è *Aristolochia altissima* Desf., presente solo in alcune località del Nord Africa (Maghreb) e in Sicilia negli Iblei; anche questa specie è inclusa nella categoria di minaccia LR. Degne di nota sono anche le specie *Salvia fruticosa* Miller e *Phlomis fruticosa* L., la prima con distribuzione NE-Mediterranea, molto diffusa in Italia meridionale e in Sicilia negli Iblei, la seconda con distribuzione E-Mediterranea presente in Italia meridionale, Sardegna e Sicilia. Si ricordano infine *Ferulago nodosa* (L.) Boiss. a distribuzione mediterraneo-orientale e *Dianthus rupicola* Biv. ssp. *rupicola* endemica dell'Italia meridionale e

Sicilia; quest'ultima è una delle poche specie inserite nella Direttiva Habitat 92/43 CEE che elenca le specie d'interesse comunitario.

Nel territorio Ibleo le colture continuano a mantenersi soprattutto sul tavolato pianeggiante caratterizzato dall'intersecarsi dei bianchi muretti a secco. Il paesaggio nel suo complesso appare fortemente antropizzato e caratterizzato, oltre che da impianti a verde di tipo ornamentale, dall'abbondante presenza di ulivi e carrubi, tipici dell'area iblea. L'attività antropica, con coltivi e pascolo intenso, e gli incendi frequenti hanno comportato la progressiva distruzione del manto boschivo originario che, tuttavia, si conserva in piccoli lembi sulle pendici delle cave, nelle zone più impervie. In seno ai *Quercetalia-ilicis* Br.-Bl. ex Molinier 1934 em. Brullo, Di Martino & Marcerò 1977 e in particolare all'interno del *Quercion-ilicis* Br.-Bl. ex Molinier 1934 em. Brullo, Di Martino & Marcerò 1977 si rinviene l'associazione *Pistacio-Quercetum ilicis* Brullo & Marcerò 1985, associazione localizzata nei versanti più soleggiate. Molto diffusa nell'ambito dell'alleanza dell'*Oleo-Ceratonion* Br.-Bl. 1936 em. Rivas Martinez 1975 dei *Pistacio-Rhamnetalia alterni* Rivas Martinez 1975 è l'associazione *Oleo-Euphorbietum dendroidis* Trinajstić 1974, aspetto vegetazionale tipico dei costoni rocciosi; nella riserva sostituisce la vegetazione di macchia del *Myrto-Pistacietum lentiscis* (Molinier, 1954) Rivas Martinez 1975. Nell'area di studio sono anche frequenti le garighe quali aspetti di sostituzione dell'originaria vegetazione boschiva o di macchia che si caratterizzano per la presenza di piccoli arbusti come *Sarcopoterium spinosum* (L.) Spach., *Ononis ramosissima* Desf. e *Coridothymus capitatus* (L.) Reichb. Sull'altopiano, dove più intensamente ha gravato l'attività antropica, prevalgono invece aspetti di vegetazione erbacea perenne, rappresentati dalle praterie steppiche dominate da *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf. che vengono inquadrare nella classe *Lygeo-Stipetea* Rivas-Martinez 1978; si tratta in massima parte di vegetazioni secondarie, conseguenza di ripetuti incendi, eventi questi molto frequenti nella regione mediterranea.

MATERIALI E METODI

Lo studio a carattere floristico-ecologico è stato articolato in tre fasi: raccolte e rilevamenti in campo; analisi della brioflora; analisi chimica su campioni muscinali e suoli superficiali.

Sono stati effettuati campionamenti randomizzati in tutta l'area su superfici di 100 mq dove sono state censite le briofite presenti nei diversi substrati (rocce, fessure rocciose, muri, pareti, terreno).

Per ogni specie sono stati riportati gli indici ecologici in accordo con DÜLL (1991), la relativa forma biologica tratta da MÄGDEFRAU (1982), il grado di tollerabilità di ciascuna specie all'SO₂ secondo esperienze personali e dati bibliografici (RAO, 1982; PRIVITERA, PUGLISI, 1994, 1995; LO GIUDICE *et al.*, 1997; DIA *et al.*, 2003; GUELI *et al.* 2004).

Per la nomenclatura si è seguito ALEFFI *et al.* (2008).

Per quanto riguarda le metodiche per valutare l'accumulo di elementi in tracce in campioni di muschi e suoli si è seguito quanto pubblicato dalla Commissione Europea (CENCI, 2008). In particolare i prelievi sono stati effettuati in aree aperte e ad una distanza di almeno 3 metri dalla chioma degli alberi, su aree di circa 10 mq e con almeno cinque sub-campionamenti randomizzati. Per quanto riguarda i suoli superficiali in ciascuna area venivano raccolti 10 campioni miscelati in campo a formare un unico campione, la profondità di campionamento era compresa tra 0 e 5 cm. In laboratorio i campioni di muschi e suoli sono stati ripuliti dal materiale estraneo e successivamente lasciati essiccare all'aria per una settimana. Una aliquota pari a 150 mg di campione omogeneo precedentemente macinato è stata disciolta in ambiente acido mediante microonde. Le soluzioni ottenute sono state analizzate tramite Plasma Induttivo abbinato alla Massa (ICP-MS) per valutare la concentrazione dei seguenti elementi in tracce: Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn in aggiunta al macroelemento Al. L'accuratezza dei dati analitici è stata verificata attraverso l'analisi dei campioni di riferimento forniti dalla Community Bureau of Reference.

Nell'area in studio sono stati considerati complessivamente quattro siti di campionamento (Fig. 1), tre nel corpo principale della Riserva, uno in posizione perimetrale, indicati con:

- campionamento 1 in corrispondenza del Vallone Moscasanti;
- campionamento 2 in corrispondenza della Grotta Monello;
- campionamento 3 in prossimità della Cava;
- campionamento 4 ai confini della Riserva.

Per quanto riguarda i muschi sono stati testati, nell'ambito dei campionamenti 1-4, rispettivamente: *Scleropodium touretii*, *Scorpiurium circinnatum*, *Rhynchostegium megapolitanum* e *Tortella nitida*.

La scelta delle suddette specie è stata obbligata in quanto erano le sole presenti con una biomassa complessiva sufficiente per effettuare le analisi.

RISULTATI

La flora briofitica

La flora briofitica rilevata nella Riserva è costituita da 34 *taxa* di cui 31 muschi e 3 epatiche (Tab. 1). La componente muscinale è rappresentata da 24 acrocarpi e 7 pleurocarpi che concorrono complessivamente col 20,5%, risultato significativo considerato che in aree con alto tasso d'inquinamento il contingente pleurocarpico è apprezzabilmente più basso.

La flora briofitica rilevata, limitatamente alle aree di campionamento che complessivamente coprono più della metà della superficie della riserva, risulta rappresentativa e discretamente varia come si evince dalla numerosità delle famiglie di appartenenza di epatiche e muschi.

La famiglia maggiormente rappresentata tra i muschi, quella delle *Pottiaceae*, ha un'incidenza del 61% (Fig. 2); seguono la famiglia delle *Brachythecia-*

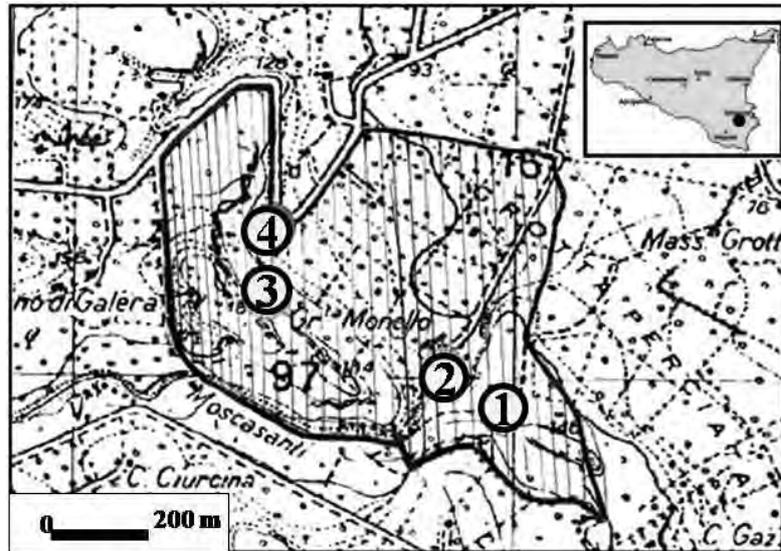


Fig. 1

Localizzazione dei siti di campionamento nella R.N.I. Grotta Monello.
Location of the monitoring sites in the Natural Reserve "Monello Cave".

ceae, con una rappresentanza del 23% e quella delle *Bryaceae*, con una rappresentanza del 10%; trascurabile la presenza delle rimanenti famiglie (*Dicranaceae* e *Fissidentaceae*) che concorrono entrambe con una percentuale del 3%. Per quanto attiene alle *life form*, prevale il biotipo *short turf* con il 61% cui seguono a distanza il tipo *weft* con 18% e ancora l'*annual* con il 9% ed infine il biotipo *mat* e il *tall turf* entrambi con una rappresentanza del 6% (Fig. 3). Per quanto riguarda la tolleranza all' SO_2 , il 23,5% è rappresentato da *taxa* toxifili, il 44,1% da toxisolteranti e il 32,4% da sensibili.

Bioaccumulo

I dati relativi al bioaccumulo sono riportati nella Tab. 2 dove si riferisce sui valori di concentrazione di elementi in tracce nei campioni di muschi e nella Tab. 3 dove vengono riportati i valori degli stessi elementi in tracce nei suoli come dai campionamenti indicati nella Fig. 1.

I dati del bioaccumulo nei muschi e le concentrazioni degli elementi nel suolo evidenziano valori monotoni ad eccezione del campionamento 4 e ad eccezione dell'elemento Vanadio, i cui valori sono particolarmente alti in tutti i campioni di muschi. Nella Tab. 4 vengono riportati i valori del Fattore di Arricchimento ottenuti normalizzando i risultati delle concentrazioni degli elementi per i suoli e i muschi; dai valori si rileva come l'apporto delle concentrazioni degli elementi in traccia deponga verso un'origine crostale (valori F.A. < 10) e non antropica.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dall'analisi floristica, in particolare dall'esame degli indici ecologici, dalla diversa sensibilità delle specie all' SO_2 , dalle *life form* si può rilevare come, in con-

formità con la tipologia del clima e con le caratteristiche del substrato, trattasi di una brioflora con una forte rappresentanza di elementi termofili e xerofili, per il 90% con reazione basica del substrato. Il biotipo dominante è *short turf*, che è il più resistente all'inquinamento ma anche il più adatto agli ambienti secchi; l'alta rappresentanza di questo biotipo è molto probabilmente correlata più alla tipologia del clima che non alla bassa purezza atmosferica.

Per quanto riguarda la sensibilità all' SO_2 , particolarmente interessante è il contingente delle specie sensibili che concorrono con il 32,4%, percentuale superiore a quella delle specie toxifile il che fa presupporre un tasso d'inquinamento sicuramente non elevato. I parametri esaminati nella caratterizzazione dell'ambiente hanno comunque fornito delle indicazioni generali e solo orientative. Il clima tipicamente mediterraneo favorisce l'insediamento di una flora a carattere xerofilo e termofilo, ricca in *Pottiaceae* e con biotipo a cespi bassi, caratteri tutti che di norma si ripetono in ecosistemi puramente mediterranei, sia in ambito urbano che extraurbano in corrispondenza soprattutto di macchie, garighe e praterie. Al tempo stesso l'aridità del clima non favorisce lo sviluppo di una flora corticicola che costituisce l'elemento base sul quale è imperniata la tecnica indiretta di monitoraggio. Questa forte carenza ci pone quindi nella impossibilità, come per molti territori mediterranei, di calcolare l'indice di purezza atmosferica. La scarsissima presenza di una flora corticicola, rappresentata in massima parte da specie sensibili, abbassa peraltro la percentuale delle specie sensibili nella Riserva. Nonostante non sia stato possibile produrre dei dati relativi alla bioindicazione basandoci sull'analisi della flora epifitica, i dati riguardanti il bioaccumulo sono stati rappresentativi e significativi in quanto è stato possibile evidenziare il grado di purezza atmosferica,

TABELLA 1

Specie rinvenute nella "Grotta Monello" – Lf = Life form. Indici ecologici: L = Luminosità; T = Temperatura; M = Umidità; R = Reazione del substrato; Sr (Stato riproduttivo): S = con sporofito, G = con gemme. SO₂; Txt = toxitollerante; Txf = toxifila; Sens = sensibile.

Species found in the "Monello Cave" – Lf = Life forms. Ecological indices: L = Luminosity; T = Temperature; M = Humidity; R = Reaction of the substratum; Sr: S = found with sporophyte; G = found with gemmae. SO₂; Txt = toxitolerant; Txf = toxiphilous; Sens = sensitive.

SPECIE	Lf	L	T	M	R	Sr	SO ₂
<i>Fossombronia caespitiformis</i> De Not. ex Rabenh.	An	7	9	5	8	S	Txt
<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Lindb.	Ma	7	8	6	6	G	Txf
<i>Southbya tophacea</i> (Spruce) Spruce	An	6	-	7	8	-	Sens
<i>Aloina aloides</i> (Koch ex Schultz) Kindb.	An	7	6	4	9	S	Sens
<i>Barbula convoluta</i> Hedw.	St	8	-	3	6	S	Txt
<i>Bryum dichotomum</i> Hedw.	St	8	6	6	5	G	Txf
<i>Bryum caespiticium</i> Hedw.	St	8	-	5	6	S	Txf
<i>Bryum capillare</i> Hedw.	St	5	-	5	6	S	Txf
<i>Dicranella howei</i> Renauld & Cardot	St	7	-	4	8	-	Txt
<i>Didymodon acutus</i> (Brid.) K. Saito	St	9	5	1	8	-	Txf
<i>Didymodon fallax</i> (Hedw.) R.H. Zander	St	8	-	2	7	S	Txt
<i>Didymodon luridus</i> Hornsch.	St	9	6	2	8	-	Txf
<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw.	St	5	3	4	7	S	Txt
<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) R.H. Zander	St	9	6	2	7	-	Txf
<i>Fissidens taxifolius</i> Hedw.	St	5	4	6	7	S	Txt
<i>Gymnostomum viridulum</i> Brid.	St	4	-	4	9	-	Sens
<i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Schimp.	Ma	8	3	2	7	-	Txt
<i>Pleurochaete squarrosa</i> (Brid.) Lindb.	Ht	9	8	2	6	-	Sens
<i>Rhynchostegiella tenella</i> (Dicks.) Limpr.	We	4	5	3	8	S	Sens
<i>Rhynchostegiella litorea</i> (De Not.) Limpr.	We	4	7	-	-	S	Sens
<i>Rhynchostegium confertum</i> (Dicks.) Schimp.	We	4	5	5	6	-	Sens
<i>Rhynchostegium megapolitanum</i> (Blandow ex F. Weber & D. Mohr) Schimp.	We	8	6	2	6	-	Txt
<i>Scleropodium touretii</i> (Brid.) L.F. Koch	We	8	7	3	6*	-	Sens
<i>Scorpiurium circinatum</i> (Bruch) M. Fleisch. & Loeske	We	8	8	3	8	-	Txt
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	Ht	9	-	2	6	-	Sens
<i>Timmiella anomala</i> (Bruch & Schimp.) Limpr.	St	5	9	5	5	-	Txt
<i>Timmiella barbulooides</i> (Brid.) Mönk.	St	5	9	5	8	S	Txt
<i>Tortella nitida</i> (Lindb.) Broth.	St	8	8	2	7	S	Txt
<i>Tortula muralis</i> Hedw.	St	8	5	1	-	S	Txf
<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch	St	8	6	2	8	S	Txt
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	St	6	4	6	9	-	Sens
<i>Weissia condensa</i> (Voit) Lindb.	St	9	6	1	9	S	Txt
<i>Weissia controversa</i> Hedw.	St	7	4	4	6	-	Txt
<i>Trichostomum triumphans</i> De Not.	St	9	8	1	9	S	Sens



Fig. 2

Spettro delle famiglie di muschi nella R.N.I. Grotta Monello.
Incidence of the moss families in the Natural Reserve "Monello Cave".

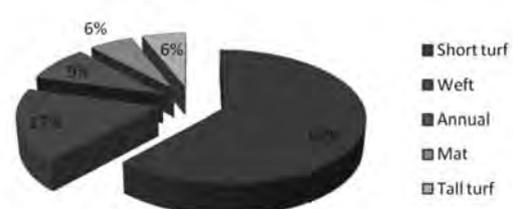


Fig. 3

Percentuale delle *Life forms* nella R.N.I. "Grotta Monello".
Incidence of the life forms in the Natural Reserve "Monello Cave".

TABELLA 2

Concentrazione media (mg kg^{-1}) degli elementi in tracce e Alluminio nei campioni di muschio. *da CENCI et al. (2002). **da RHÜLING, STEINNES (1998).

Average Concentration (mg kg^{-1}) of the trace elements and Aluminium in the moss samples gathered in the monitoring stations. *from CENCI et al. (2002). **from RHÜLING, STEINNES (1998).

Muschi	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn
<i>Scleropodium touretii</i>	4411	0,17	1,29	5,48	8,45	110	4,09	3,13	8,65	32,2
<i>Scorpiurium circinnatum</i>	9822	0,21	2,99	11,1	14,4	178	7,18	7,8	19,9	41
<i>Rhynchostegium megapolitanum</i>	9935	0,17	2,63	12,8	14,3	145	7,27	6,3	21,3	33,9
<i>Tortella nitida</i>	17883	0,36	5,84	19,4	25,4	293	13,5	12,53	37,7	49,2
Media	10513	0,23	3,19	12,2	15,6	182	8,01	7,44	21,9	39,1
Min.	4411	0,17	1,29	5,48	8,45	110	4,09	3,13	8,65	32,2
Max.	17883	0,36	5,84	19,4	25,4	293	13,5	12,5	37,7	49,2
Dev. Std.	5549	0,09	1,91	5,73	7,08	79,3	3,95	3,91	12,0	7,75
Valori medi nei muschi dell'Etna	11600	1,8	3,8	16	61	164	12,5	12,2	28	136
* Valori medi nei muschi in Sicilia	7710	0,23	2,1	11	14,3	163	12,2	7,9	13	61
** Valori medi nei muschi in Italia	-	0,26	-	2,7	8,9	-	1,7	11,1	3	42,2

TABELLA 3

Concentrazione media (mg kg^{-1}) degli elementi in tracce e Alluminio nei campioni di suolo. *da PRIVITERA et al. (2003). **da CENCI et al. (2002).

Average concentration (mg kg^{-1}) of the trace elements and Aluminium in the soil samples gathered in the monitoring stations. *from PRIVITERA et al. (2003). **from CENCI et al. (2002).

Siti	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Campionamento 1	6423	0,11	1,82	13,2	6,13	78,1	4,37	0,9	19	10,4
Campionamento 2	12763	0,11	3,89	21,1	9,87	163	8,57	2,54	41	20
Campionamento 3	8904	0,14	2,62	15	16	133	7,23	5,15	26,1	25,2
Campionamento 4	76096	0,37	19,9	78,9	50,8	955	40	20,7	144	127
Media	26047	0,18	7,06	32,1	20,7	332	15,0	7,32	57,5	45,7
Min.	6423	0,11	1,82	13,2	6,13	78	4,37	0,90	19,0	10,4
Max.	76096	0,37	19,9	78,9	50,8	955	40,0	20,7	144	127
Dev. Std.	33468	0,13	8,60	31,4	20,5	417	16,7	9,09	58,4	54,6
* Valori medi nei suoli dell'Etna	88800	0,36	17,6	17	69	599	15,4	19,6	104	207
** Valori medi nei suoli della Sicilia	92800	0,48	11	63	32	936	53	21	67	120
Valori di concentrazione-limite accettabili secondo DM 471/99	-	2	20	150	120	-	120	100	90	150

TABELLA 4

Fattori di arricchimento.

Values of the Enrichment Factors.

Sito	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Camp. 1	2	1	1	2	2	1	5	1	5
Camp. 2	2	1	1	2	1	1	4	1	3
Camp. 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camp. 4	4	1	1	2	1	1	3	1	2

almeno relativamente ai contaminanti valutati.

La qualità dell'aria nella R.N.I. "Grotta Monello" risulta complessivamente buona, fatta eccezione per un sito con proiezione puntiforme i cui valori risultano giustificati per un pesante, ma localizzato, impatto antropico che grava in un'area impropriamente utilizzata per il deposito di vari materiali di scarto.

Dalle analisi dei nove elementi in tracce valutati nei

muschi si sono ottenuti valori che sono assolutamente comparabili con i valori medi riscontrati in Sicilia (CENCI et al. 2002; GRAMMATICA et al., 2006) e notevolmente più bassi in confronto ai valori di adsorbimento valutati nei muschi dell'Etna (PRIVITERA et al., 2003; PUGLISI et al., 2006). Tra gli elementi analizzati si conferma ancora una volta l'elevato tasso di Vanadio, particolarmente alto anche

sull'Etna dopo le ultime emissioni di polveri vulcaniche. Questa anomalia, di origine al momento sconosciuta, deve essere presa in seria considerazione tenuto conto dell'alta tossicità di questo elemento. Alla luce di questi risultati, rafforzati da ulteriori analisi chimiche di sorgenti del vulcano, si può evidenziare un "allarme Vanadio" in Sicilia.

A parte la condizione Vanadio i tre siti del corpo principale della Riserva rispecchiano un buon grado di purezza atmosferica, mentre si distacca nettamente il sito in posizione perimetrale in vicinanza di una piccola area impropriamente utilizzata come zona di deposito di materiali di scarto, per il quale sono stati rilevati, come risulta in *Tortella nitida*, valori piuttosto elevati per tutti gli elementi in tracce analizzati. Analogamente, per quanto riguarda i suoli i valori sono più bassi rispetto ai valori medi della Sicilia e molto più bassi rispetto ai limiti di accettabilità previsti dalle normative vigenti, eccetto per il sito di campionamento al limite della Riserva in cui il tasso di Vanadio risulta molto più elevato.

Le briofite, nel caso particolare, hanno dato dei segnali ben precisi sullo stato di salute della Riserva. Se è lecito avere qualche perplessità sull'attendibilità dei dati riferiti ai siti di monitoraggio collocati all'interno della Riserva, sicuramente inequivocabili sono i risultati dei prelievi del sito perimetrale che può essere considerato un sito di "controllo" conoscendone "a priori" l'elevato grado di contaminazione. Si conferma, pertanto, la validità di questa procedura di controllo ambientale che non può e non deve rappresentare uno studio sulla brioflora isolato né uno studio conclusivo.

LETTERATURA CITATA

- ALEFFI M., TACCHI R., CORTINI PEDROTTI C., 2008 – *Check-list of the Hornworts, Liverworts and Mosses of Italy*. Bocconea, 22: 1-255.
- BRULLO S., SCELSI F., SIRACUSA G., SPAMPINATO G., 1996 – *Caratteristiche bioclimatiche della Sicilia*. Giorn. Bot. Ital., 130 (1): 177-185.
- CENCI R.M., 2008 – *Guidelines for the use of native mosses, transplanted mosses and soils in assessing organic and inorganic contaminant fallout*. EUR 23292 EN. ISBN 978-92-79-08719-6. ISSN 1018-5593. 35 pp.
- CENCI R.M., TRINCHERINI P.R., LEVA F., GALANTI F., 2002 - *Distribuzione di metalli pesanti in suoli e muschi della Sicilia*. Boll. Soc. Ital. Scienza del Suolo, 51 (1-2): 277-288.
- CONTI F., MANZI A., PEDROTTI F., 1997 – *Liste rosse regionali delle piante d'Italia*. Società Botanica Italiana,

Univ. Camerino. 139 pp.

- DIA M.G., LO GIUDICE R., PRIVITERA M., 2003 – *Diversité bryofytique dans des aires urbaines de la Sicile*. Bocconea, 16 (1): 115-132.
- DÜLL R., 1991 – *Indicator values of Mosses and Liverworts*. In: ELLENBERG H., WEBER H. E., DÜLL R., WIRTH V. WERNER W., PAULIBEN D., *Indicator values of plants in Central Europe*. 175-214. Göttingen.
- GRAMATICA P., BATTAINI F., GIANI E., PAPA E., JONES R.J.A., PREATONI D., CENCI R.M., 2006 – *Analysis of mosses and soils for quantifying heavy metal concentrations in Sicily: a multivariate and spatial analytical approach*. ESPR Enviro. Sci. Pollut. Res., 13 (1): 28-36.
- GUELI L., LO GIUDICE R., MAUGERI G., 2004 – *Studio ecologico delle Briofite della città di Militello in Val di Catania (Sicilia Orientale) e indicizzazione della qualità ambientale attraverso l'utilizzazione delle Briofite*. Braun-Blanquetia, 34:167-182.
- LO GIUDICE R., MAZIMPAKA V., LARA F., 1997 – *The urban bryophyte flora of the city of Enna (Sicily, Italy)*. Nova Hedwigia, 64 (1-2): 249-265.
- MÄGDEFRAU K., 1982 – *Life forms of Bryophytes*. In: SMITH A.J.E. (Ed.), *Bryophyte Ecology*. 45-58. Chapman & Hall, London.
- PRIVITERA M., PUGLISI M., 1994 – *Flora briofitica e qualità dell'aria in alcune leccete dell'area iblea (Sicilia sud-orientale)*. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 27(346): 229-239.
- , 1995 – *Bryological flora and air pollution in some areas of Messina territory (NE Sicily)*. Arch. Geobot., 1 (2): 55-62.
- 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. Scienza del Suolo, 52 (1-2): 789-800.
- PUGLISI M., PRIVITERA M., CENCI R.M., BEONE G.M., 2006 – *Bryophytes as bioaccumulators of trace elements in environmental monitoring of Mt. Etna (Sicily)*. Arch. Geobot., 9 (1-2): 19-24.
- RAO D.N., 1982 – *Responses of Bryophytes to air pollution*. In: SMITH A.J.E., *Bryophyte ecology*: 445-471. Chapman and Hall, New York.
- RHÜLING A., STEINNES E., 1998 – *Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe 1995-1996*. NORD 1998: 15. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- RIVAS MARTINEZ S., 1993 – *Bases para una nueva clasificación bioclimática de la tierra*. Folia Bot. Matritensis, 10: 1-23.

RIASSUNTO - Viene presentato uno studio sulla qualità dell'aria della RNI Grotta Monello (SE Sicilia), effettuato utilizzando i muschi. L'analisi floristica concorda con i dati forniti dal bioaccumulo, evidenziando nel complesso una qualità dell'aria piuttosto buona. Il bioaccumulo, tuttavia, ha messo in evidenza elevati valori di Vanadio, così come già rilevato in molte zone dell'Etna, facendo presupporre un "allarme" Vanadio in Sicilia.

AUTORI

Maria Privitera, Alessia Zimbone, Marta Puglisi, Dipartimento di Botanica, Università di Catania, Via A. Longo 19, 95125 Catania
Gian Maria Beone, Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale, Università Cattolica del Sacro Cuore, Via Emilia Parmense 84, 29100 Piacenza
Roberto Maria Cenci, Commissione Europea, Centro Comune di Ricerca di Ispra, Istituto dell'Ambiente e della Sostenibilità, Unità Suolo e Rifiuti T.P. 460, 21020 Ispra (Varese)