

Tesi Botaniche 1

E. De Vita, A. Illuminati, G. Finotti, A. Bufano, B. Mulattieri

Identificazione e caratterizzazione di un gene USP in *Populus alba*

E. De Vita

Introduzione

Le Universal Stress Proteins (USP) sono un gruppo di proteine codificate da una superfamiglia di geni presenti nei regni dei Batteri, Archea, Funghi, Protozoi e Piante (Loukehaich et al. 2012) e sono caratterizzate da un dominio conservato di 140 – 160 aminoacidi (Shokry et al. 2014). Esse sono conosciute per la loro capacità di fornire all'organismo l'abilità di tollerare molti tipi di stress, sia biotici che abiotici, come la carenza di nutrienti, temperature estreme, siccità, elevata salinità, stress osmotico, ipossia, esposizione a composti tossici e danni da raggi UV (Jung et al. 2015; Maqbool et al. 2009). Le USP hanno pertanto un ruolo importante nell'aumento del tasso di sopravvivenza dell'organismo quando questo è esposto ad agenti ambientali stressanti (Sinha et al. 2016); nonostante ciò, il meccanismo biochimico e molecolare delle USP non è ancora stato chiarito.

Le proteine USP sono state identificate per la prima volta nei batteri e quelle delle piante sembrano derivare dalla USP A 1MJH – like, i cui membri hanno similarità con il dominio USP A della proteina di *Methanocaldococcus jannaschii* che lega l'ATP, suggerendo un ruolo di switch molecolare (Sauter et al. 2002).

Ariani et al. (2015) hanno individuato diversi geni espressi in modo differenziale nelle radici di piante di *Populus × euroamericana* clone I-214 cresciute in presenza di dosi sub-letali di zinco. Tra i geni maggiormente sovraespressi è stato individuato un gene della famiglia USP, denominato *UPr70*. Lo scopo di questa tesi è stato quello di clonare l'omologo USP di *UPr70* (*PaUSP*) in *Populus alba*, studiarne la modulazione dell'espressione genica nei diversi organi della pianta e verificare un suo possibile ruolo nel fronteggiare alcuni tipi di fattori stressanti come lo stress ossidativo, da metalli pesanti, da ipossia e salino.

Materiali e Metodi

Materiale vegetale e trattamenti. Piante di *Populus alba* clone Villafranca sono state mantenute *in vitro* su mezzo di crescita Woody Plant Medium con agar 0,8% e saccarosio 20 g/L, in camera di crescita a 25 °C, con fotoperiodo 16h luce/8h buio. Le piante sono state sottoposte ai seguenti trattamenti: a) in mezzo liquido per 24 h in presenza di GA₃ (acido gibberellico) 100 μM, NAA 100 μM, H₂O₂ 100 μM e metil-viologeno (Paraquat) 10 μM; b) in mezzo solido per 2 mesi in presenza di Zn(NO₃)₂ 500 e 1000 μM, NaCl 50 mM e ipossia (6 ore al 2% di O₂).

Studio funzionale in *Escherichia coli*. Il gene *PaUSP* è stato clonato nel vettore di espressione inducibile per batteri pMAL-c5X ed è stato inserito nelle cellule di *E. coli* BL21 per studi funzionali. Gli studi funzionali hanno riguardato la capacità della proteina *PaUSP* di aumentare la tolleranza ai seguenti stress: NaCl 0, 200, 500 e 150 mM fino a 2 ore e H₂O₂ 0, 10, 20, 50 e 100 mM fino a 2 ore.

Risultati

In questa tesi è stato identificato un gene USP di *Populus alba* (*PaUSP*), presente in due isoforme, entrambe codificanti per una proteina omologa alle proteine USP delle piante e contenente i residui tipici del motivo di legame dell'ATP. L'espressione di *PaUSP* è stata trovata nelle radici, nei fusti e nelle foglie di *Populus alba* cresciuto *in vitro*: l'espressione del gene è indotta dalle gibberelline nelle radici e nelle foglie, e dalle auxine nelle foglie e nel fusto. L'espressione di *PaUSP* è, inoltre, indotta da concentrazioni sub-letali di zinco e da ipossia. L'espressione del gene *PaUSP* nelle foglie e nelle radici, inoltre, è fortemente indotta anche dallo stress ossidativo causato dal perossido di idrogeno e dall'erbicida Paraquat. È stato dimostrato, infine, che i batteri esperimenti in modo eterologo il gene *PaUSP* risultano maggiormente resistenti allo stress ossidativo indotto dal perossido di idrogeno e allo stress salino indotto da NaCl.

Discussione

I dati emersi delineano che il gene *PaUSP* è appartenente alla famiglia dei geni USP, ubiquitari nelle piante, e che la loro sequenza presenta il motivo di legame dell'ATP tipico delle proteine discendenti dalla proteina ancestrale 1MJH di *Methanocaldococcus jannaschii*.

Come altri geni USP delle piante, anche *PaUSP* è espresso in tutti gli organi della pianta, ma viene sovraespresso

in caso di stimoli derivanti da fitormoni o da agenti stressanti, in modo organo-specifico e spesso in maniera dose-dipendente.

Sia il fitormone GA₃ che l'auxina NAA provocano una sovraespressione organo specifica del gene *PaUSP*, il quale potrebbe risultare un gene attivo non soltanto in condizioni di stress o di difesa da parte della pianta, ma anche in condizioni normali e potrebbe contribuire in molti diversi pathway metabolici.

PaUSP è inoltre sovraespresso in caso di condizioni di stress quali agenti ossidanti, che causano un aumento della trascrizione nelle foglie e nelle radici, e da dosi sub-letali di zinco, la cui presenza causa un innalzamento dei livelli del trascritto nelle radici e ne provoca un forte aumento nelle foglie. In più, l'ipossia è stata vista essere l'agente di stress che causa il maggiore aumento dei livelli di trascritto del gene in tutti e tre gli organi della pianta. Anche lo stress salino causa un significativo aumento dell'espressione di *PaUSP*, in particolare nelle radici e nelle foglie. I livelli di sovraespressione del gene *PaUSP* in tali condizioni, condizioni che portano tutte direttamente o indirettamente allo sviluppo delle specie reattive dell'ossigeno (ROS), farebbero supporre un suo ruolo nel fronteggiare la produzione di queste sostanze nocive per la sopravvivenza delle cellule. Un dato a supporto della funzione protettiva della proteina PaUSP verso lo stress di tipo ossidativo e salino (in quanto causa della formazione di ROS) è l'aumento del tasso di sopravvivenza delle cellule di *E. coli* che esprimono il gene, rispetto alle cellule che ne sono prive.

Letteratura citata

- Ariani A, Di Baccio D, Romeo S, Lombardi L, Andreucci A, Lux A, Horner DS, Sebastiani L (2015) RNA Sequencing of *Populus x canadensis* Roots Identifies Key Molecular Mechanisms Underlying Physiological Adaption to Excess Zinc. *PLoS ONE* 10(2): e0117571.
- Jung YJ, Melencion SMB, Lee ES, Park JH, Alinapon CV, Oh HT, Yun DJ, Chi JH, Lee SY (2015) Universal Stress Protein exhibits a redox – dependant chaperone function in *Arabidopsis* and enhances plant tolerance to heat shock and oxidative stress. *Frontiers in Plant Science* 6: 1141.
- Loukehaich R, Wang T, Ouyang B, Ziaf K, Li H, Zhang J, Lu Y, Ye Z (2012) SpUSP, an annexin – interacting universal stress protein, enhances drought tolerance in tomato. *Journal of Experimental Botany* 63(15): 5593-5606.
- Maqbool A, Zahur M, Husnain T, Riazuddin S (2009) GUSP1 and GUSP2, two drought – responsive genes in *Gossypium arboreum* have homology to Universal Stress Proteins. *Plant Molecular Biology Reporter* 27: 109-114.
- Sauter M, Rzewuski G, Marwedel T, Lorbiecke R (2002) The novel ethylene – regulated gene *OsUsp1* from rice encodes a member of a plant protein family related to prokaryotic universal stress proteins. *Journal of Experimental Botany* 53(379): 2325-2331.
- Shokry AM, Al – Karim S, Ramadan A, Gadallah N, Al Attas SG, Sabir JSM, Hassan SM, Madkour MA, Bressan R, Mahfouz M, Bahieldin A (2014) Detection of a Usp – like gene in *Calotropis procera* plant from de novo assembled genome contigs of the high – throughput sequencing dataset. *Comptes Rendus Biologies* 337: 86-94.
- Sinha P, Pazhamala LT, Singh VK, Saxena RK, Krishnamurthy L, Azam S, Khan AW, Varshney RK (2016) Identification and validation of selected Universal Stress Protein Domain containing drought – responsive genes in Pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *Frontiers in Plant Science* 6: 1065.

Candidato: Elisa De Vita

Relatore: Andrea Andreucci

Correlatori: Carlo Sorce, Luca Sebastiani

Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, via Luca Ghini 13, 56126, Pisa

Anno di discussione: 2016

Tratti funzionali della flora vascolare sugli affioramenti di gesso dell'Emilia Romagna

A. Illuminati

Introduzione

Il gesso è uno speciale substrato geologico e, in quanto tale, costituisce delle vere e proprie isole ecologiche o edafiche (Escudero et al. 2015). Questa tesi ha voluto approfondire le conoscenze sulle comunità vegetali degli affioramenti gessosi dell'Emilia Romagna, i quali accolgono l'habitat prioritario 6110* (Formazioni erbose rupicole calcicole o basofile dell'*Alyso-Sedion albi*) all'interno della Rete Natura 2000. Si è voluto descrivere la diversità a livello sia specifico sia funzionale. Entrambi questi parametri sono infatti di cruciale importanza nell'analisi dei processi ecosistemici (Díaz, Cabido 2001; Levine 2016).

Materiali e Metodi

Sono stati compresi nell'area di studio 6 Siti di Interesse Comunitario (SIC) della regione Emilia Romagna: "Gessi

Triassici”, “Gessi di Monte Rocca, Monte Capra e Tizzano”, “Gessi Bolognesi, Calanchi dell’Abbadessa”, “Vena del Gesso Romagnola”, “Torriana, Montebello, Fiume Marecchia” e “Onferno”. I dati di campo sono stati raccolti nel corso della primavera 2015. Sono stati campionati 129 plot ognuno dei quali è stato ripartito in 4 subplot, così da avere una misura dell’abbondanza, oltre che della frequenza delle specie. A livello di plot, sono stati riportati i dati stazionali: quota, rocciosità, spessore del suolo, pendenza, esposizione. Ai fini dell’analisi, è stato ottenuto un indice climatico relativo a ciascun sito dato dal rapporto fra le precipitazioni medie annuali e la temperatura media annuale. I tratti funzionali analizzati sono stati: forma biologica, altezza, riproduzione vegetativa, fenologia fiorale, massa del seme, modalità di dispersione del seme e tipo di impollinazione. Le informazioni sono state ottenute per le specie più abbondanti, attraverso una ricerca bibliografica. Sono state considerate, inoltre, urbanofilia e strategie CSR (Competitiva, Stress-tollerante, Ruderale). In ambiente R, è stata quindi effettuata l’analisi della corrispondenza detrended (DCA), a partire dalla matrice plot-abbondanza delle specie e, successivamente, sono state inserite al suo interno le variabili ambientali ed i tratti funzionali.

Risultati

I due assi della DCA sono riusciti a spiegare il 6,5% ed il 4,5% della varianza totale nella composizione in specie dei plot. La beta diversità è risultata elevata lungo il primo asse DCA, lungo il quale si sono formati cluster di plot distinti per le diverse aree. Questo ha permesso di osservare un gradiente di specie che diversifica i vari SIC, con l’eccezione dei 2 siti limitrofi alla città di Bologna (“Gessi di Monte Rocca, Monte Capra e Tizzano”, “Gessi Bolognesi, Calanchi dell’Abbadessa”). Questi ultimi sono risultati caratterizzati da una composizione specifica simile. L’area di Bologna costituisce un estremo del gradiente evidenziato lungo il primo asse della DCA. In tale area sono risultate prevalenti *Sedum hispanicum*, *Saxifraga tridactylites*, *Arenaria serpyllifolia*, *Trifolium scabrum*, *Bromus sterilis* e *Medicago minima*. L’altra estremità del gradiente, formata dai “Gessi Triassici” e dalla “Vena del Gesso Romagnola”, è caratterizzata da *Artemisia alba*, *Thymus striatus*, *Thymus longicaulis*, *Sedum rupestre* e *Blackstonia perfoliata*. Tra i SIC è stata riscontrata anche una diversità a livello di famiglia. Nel lato bolognese del gradiente, infatti, prevalgono Poaceae, Saxifragaceae, Caryophyllaceae e Fabaceae; mentre all’altro estremo del gradiente, nelle aree romagnola e reggiana, dominano Lamiaceae, Cistaceae, Asteraceae e Gentianaceae. Per quanto riguarda le variabili ambientali, è risultato che rocciosità ed indice di assolazione presentano valori elevati nel sito dei “Gessi Triassici”, variabili nei siti limitrofi alla città di Bologna e della “Vena del Gesso Romagnola”, molto bassi nei 2 siti in provincia di Rimini. La quota e l’indice climatico sono risultati aumentare all’interno del I quadrante della DCA, in direzione delle aree in provincia di Rimini, Ravenna e Reggio Emilia. In quest’ultima provincia sono stati riscontrati i valori massimi, cui corrispondono maggiori precipitazioni e minori temperature medie. Riguardo ai tratti funzionali, è emerso che altezza e massa del seme sono gli unici tratti che variano principalmente in relazione al secondo asse della DCA. In generale, nelle aree limitrofe a Bologna, è stata rilevata una prevalenza di terofite, a fioritura precoce, maggiore ricorrenza di impollinazione anemofila e riproduzione vegetativa praticamente assente. Le aree romagnola e reggiana, al contrario, si caratterizzano per una prevalenza di camefite e di specie con frequente riproduzione vegetativa. All’estremo bolognese del gradiente, inoltre, sono risultate prevalenti specie urbano neutrale e con strategia ruderale o intermedia fra ruderale e stress-tollerante o competitiva. All’altro estremo del gradiente, invece, è stata osservata una maggioranza di specie urbanofobiche e con strategie miste fra competitiva e stress-tollerante o strategia CSR, ossia a metà strada fra le tre possibili tipologie.

Discussione

Primo obiettivo del presente lavoro è stato quello di verificare la presenza di eterogeneità nella composizione floristica dell’habitat 6110* sugli affioramenti di gesso dell’Emilia Romagna. In base ai risultati ottenuti, è stata riscontrata una diversità floristica significativa, con ricchezza specifica massima nei siti di studio limitrofi a Bologna. La diversità compositiva osservata si è estesa anche a livelli tassonomici superiori a quello di specie. Il gradiente principale è risultato legato al primo asse della DCA ed è stato in parte spiegato dalla variazione climatica. Un altro gradiente, riscontrato lungo il secondo asse della DCA, ha indicato presenza di diversità specifica anche all’interno di ciascun sito ed è stato associato all’andamento delle componenti rocciosa ed edafica. Dall’analisi dei tratti funzionali è emerso che essi variano in maniera sostanziale e ciò accresce il livello di biodiversità dell’habitat studiato. I tratti funzionali, inoltre, hanno fornito informazioni ecologiche utili per la comprensione della variabilità presente. Ad esempio, è stato osservato che l’altezza della pianta e la massa del seme, tratti funzionali che sono fra loro correlati (Chapin et al. 1993), variano principalmente lungo il secondo gradiente, in direzione opposta alla rocciosità ed all’incremento dello spessore del suolo. Tale constatazione si pone a favore dell’ipotesi secondo cui la diversità delle specie evidenziata all’interno di ciascun sito sia, almeno in parte, legata ad una diversa disponibilità dei nutrienti. Gli altri tratti funzionali analizzati in questo lavoro (modalità di dispersione del seme, tipo di impollinazione e fenologia fiorale) hanno mostrato che le specie presenti nella provincia bolognese presentano maggiori probabilità di dispersione rispetto alle altre. Tali tratti funzionali, infatti, forniscono informazioni relative alla capacità di colonizzazione a lunga distanza (Lloret et al. 2005). Relativamente alla forma biologica, essa riassume numerose informazioni relative alle specie, in quanto

è correlata a diversi tratti funzionali vegetativi e riproduttivi (Lavorel, Garnier 2002). L'informazione più rilevante ottenuta nell'ambito di questo lavoro si riferisce alla durata del ciclo biologico. La dominanza di specie annuali nei SIC limitrofi a Bologna ha distinto nettamente da un punto di vista funzionale questi siti dagli altri. Tale differenza può essere dovuta a pool genici differenti (McIntyre et al. 1999) ed alla presenza di drivers differenti nei siti in provincia di Bologna. La vicinanza all'area urbana, ad esempio, potrebbe comportare un fattore di disturbo ed influenzare in maniera importante le comunità vegetali limitrofe. A favore di questa ipotesi sono i risultati relativi alle strategie CSR e all'indice di urbanofilia. Tali risultati indicano che la componente ruderale prevale nettamente nelle aree situate nella periferia di Bologna e si riduce drasticamente nelle aree romagnola e reggiana.

Letteratura citata

- Chapin III FS, Autumn K, Pugnaire F (1993) Evolution of suites of traits in response to environmental stress. *The American Naturalist* 142: S78-S92.
- Díaz S, Cabido M (2001) Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution* 16(11): 646-655.
- Escudero A, Palacio S, Maestre FT, Luzuriaga AL (2015) Plant life on gypsum: a review of its multiple facets. *Biological Reviews* 90(1): 1-18.
- Lavorel S, Garnier E (2002) Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16(5): 545-556.
- Levine JM (2016) Ecology: A trail map for trait-based studies. *Nature* 529(7585): 163-164.
- Lloret F, Médail F, Brundu G, Camarda I, Moragues E, Rita J, Lambdon P, Hulme PE (2005) Species attributes and invasion success by alien plants on Mediterranean islands. *Journal of Ecology* 93(3): 512-520.
- McIntyre S, Díaz S, Lavorel S, Cramer W (1999) Plant functional types and disturbance dynamics—Introduction. *Journal of Vegetation Science* 10(5): 603-608.

Candidato: Angela Illuminati

Relatore: Alessandro Chiarucci

Correlatore: Andrea Velli

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Piazza di Porta San Donato 1, 40126, Bologna

Anno di discussione: 2016

La diversità vegetale dell'Arcipelago Toscano: un'analisi tramite banca dati

G. Finotti

Introduzione

I sistemi insulari occupano un ruolo centrale negli studi biogeografici e suscitano da secoli l'interesse di viaggiatori ed esploratori di tutto il mondo per le peculiarità delle loro biocenosi. In tali territori, infatti, il biota è soggetto a pressione selettive e dinamiche evolutive molto differenti da quelle riscontrabili in habitat continentali (Gillespie 2007). Il bacino del Mediterraneo, riconosciuto come uno dei 34 hotspots di biodiversità (Mittermeier et al. 2005), ospita numerosi sistemi insulari. Tra questi complessi di isole figura l'Arcipelago Toscano che, collocato nel Mar Tirreno settentrionale, rappresenta un'area molto interessante dal punto di vista geologico, biologico ed ecologico (Arrigoni et al. 2003).

Il presente studio ha l'obiettivo di analizzare la flora delle 7 maggiori isole dell'Arcipelago Toscano attraverso l'elaborazione dei dati floristici estrapolati da rilievi fitosociologici relativi a tale territorio.

Materiali e Metodi

I dati impiegati per realizzare questo lavoro sono stati estrapolati da rilievi fitosociologici (Braun-Blanquet 1964) editi ed inediti, eseguiti tra il 1973 ed il 2010 nelle 7 maggiori isole dell'Arcipelago Toscano: Capraia, Elba, Giannutri, Giglio, Gorgona, Montecristo e Pianosa.

I rilievi fitosociologici già pubblicati sono stati selezionati mediante un'attenta ricerca bibliografica. I dati sono stati quindi raccolti all'interno del database digitale nazionale VegItaly (Landucci et al. 2012) e la relativa matrice è stata impiegata per svolgere analisi riguardanti la distribuzione spaziale e temporale dei rilievi, nonché la loro consistenza e composizione floristica.

Risultati

Complessivamente sono stati analizzati 1334 rilievi fitosociologici: 969 rinvenuti in letteratura, anche se non

tutti già precedentemente inseriti in banca dati, e 365 non ancora pubblicati, svolti dal Prof. Cerabolini e colleghi dell'Università di Pavia. Il campionamento si è dimostrato discontinuo nell'arco temporale considerato (1973-2010) e, per la maggior parte delle isole, si è svolto in 2 o 3 annate. L'anno in cui è stata registrata la massima densità di campionamento è il 2005 con 463 rilievi, seguito dal 1996 con 196 rilievi.

L'Elba è risultata l'isola maggiormente indagata con 635 rilievi (47,6%), mentre Gorgona è quella che meno ha attirato l'attenzione dei botanici (85 rilievi, 6,4%).

I dati presi in esame hanno consentito di stilare un elenco floristico di 790 specie vegetali, appartenenti a 97 famiglie e 384 generi. La famiglia maggiormente rappresentata è quella delle Asteraceae (97 specie), seguita da Fabaceae (95) e Poaceae (89). Il genere più frequente è *Trifolium* (16 specie), seguito da *Vicia* (14), *Lotus* (12) e *Carex* (12).

La presenza e la frequenza delle differenti specie hanno evidenziato un'elevata variabilità in relazione all'isola in cui sono stati realizzati i rilievi, riflettendo la complessa e diversificata genesi e le peculiarità geo-climatiche di ciascuna di esse. Più della metà delle specie censite sono state ritrovate esclusivamente su un'isola, mentre soltanto 9 sono quelle presenti in tutte le isole dell'Arcipelago: *Arisarum vulgare*, *Brachypodium retusum*, *Bromus madritensis*, *Cistus monspeliensis*, *Dittrichia viscosa*, *Galium aparine*, *Lysimachia arvensis*, *Quercus ilex* e *Rosmarinus officinalis*. L'88% delle specie presenta una bassa frequenza nei rilievi, in quanto riportate in un numero di campionamenti compreso tra 1 e 50. Le specie rare, ovvero quelle rinvenute in un solo rilievo, sono risultate 119. A queste se ne aggiungono altre 77 censite in due rilievi. Le specie maggiormente frequenti sono risultate *Brachypodium retusum* (più di 600 campionamenti), *Erica arborea* (489), *Pistacia lentiscus* (471) e *Cistus monspeliensis* (421). La media complessiva del numero di specie censite per rilievo è di 14,5, con il valore più alto di 17,3 registrato all'Elba ed il valore minimo di 7,3 ottenuto a Giannutri.

Per quanto concerne la ricchezza specifica complessiva di ciascuna isola, l'Elba è risultata quella con il maggior numero di specie censite (577), mentre Giannutri quella con il minore (89). Tali dati, confrontati con quelli sintetizzati nello studio floristico di Lazzaro et al. (2014), evidenziano che i rilievi fitosociologici effettuati hanno consentito di campionare tra il 20% ed il 40% della ricchezza floristica nota per ciascuna isola.

Il modello lineare costruito per calcolare la relazione tra numero di specie censite dai rilievi e quello noto dallo studio floristico mostra un buon adattamento ai dati ($R^2 = 0,90$; $P\text{-value} = 0,0007$), fatta eccezione per l'isola del Giglio la quale è stata nettamente sottocampionata.

La relazione specie-area evidenziata per tutte le isole dell'Arcipelago è ben riprodotta dal classico modello di Arrhenius (1921), con significatività molto simile se si considera il numero di specie in funzione dell'area dell'isola oppure della sola area effettivamente campionata su ciascuna isola.

L'analisi della variabilità dei 1334 rilievi attraverso la realizzazione di un ordinamento NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) ha evidenziato come la nuvola di campionamenti relativi all'isola d'Elba sia molto estesa e predominante, coprendo gran parte dello spettro floristico dell'intero Arcipelago. Una buona variabilità è stata riscontrata anche nelle isole di Capraia e Pianosa.

L'analisi dell'affinità floristica tra le isole, calcolata attraverso l'indice di similarità di Sørensen (1948), evidenzia la più elevata similarità tra Gorgona e Pianosa (0,45) e la massima dissimilarità tra l'Elba e Giannutri (0,16).

Discussione

Il presente lavoro, analizzando i dati floristici dei rilievi fitosociologici eseguiti dagli anni Settanta ad oggi sulle isole dell'Arcipelago Toscano, rappresenta la più completa sintesi sulla flora di questo territorio. L'accurata ricerca bibliografica e la successiva archiviazione dei dati all'interno del database nazionale VegItaly, sono state fondamentali per ottenere un quadro aggiornato delle conoscenze floristiche di questa interessante area del Tirreno settentrionale e per rendere i dati consultabili anche in futuro.

Le isole maggiori dell'Arcipelago, definite "le sette perle del Tirreno", in relazione alla loro complessa e diversificata genesi e alle loro peculiarità geo-climatiche, presentano un'elevata biodiversità vegetale, di notevole valore scientifico e naturalistico (Arrigoni et al. 2003). Le 790 specie censite, oltre a confermare la netta caratterizzazione mediterranea della flora e la diversità delle comunità vegetali, evidenziano la consistente ricchezza floristica e l'elevato tasso di endemismi di questi delicati ecosistemi costieri.

Questi corpi insulari dall'elevato valore naturalistico e paesaggistico sono tuttavia minacciati, e in alcuni casi già fortemente impattati, dagli interventi antropici che insistono in tale territorio da millenni (Landi 2005). Le variazioni già subite dalla flora e dalla vegetazione di quest'area, analizzate dagli studi susseguiti nell'ultimo secolo, hanno motivato la recente istituzione del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano e dei siti protetti appartenenti alla Rete Natura 2000. È all'interno di questo contesto, finalizzato alla salvaguardia di ambienti dai delicati equilibri e della loro ricchezza biologica, che si inserisce la necessità di un continuo monitoraggio degli elementi più sensibili del territorio, con l'obiettivo di mantenere la diversità dei mosaici ambientali e dei differenti stadi delle successioni vegetazionali che li caratterizzano.

Letteratura citata

Arrhenius O (1921) Species and Area. *Journal of Ecology* 9(1): 95-99.

- Arrigoni PV, Baldini RM, Foggi B, Signorini MA (2003) Analysis of the floristic diversity of the Tuscan Archipelago for conservation purposes. *Bocconea* 16(1): 245-259.
- Braun-Blanquet J (1964) *Pflanzensoziologie* Ed. 3. Springer, Wien. 865 pp.
- Gillespie RG (2007) Oceanic islands: models of diversity. In: Levin SA (Ed.) *Encyclopedia of Biodiversity*. Elsevier, Oxford. pp. 1-13.
- Landi S (2005) Il Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano: tra il verde e l'azzurro. *Silvae* 1: 132-151.
- Landucci F, Acosta ATR, Agrillo E, Attorre F, Biondi E, Cambria VE, Chiarucci A, Del Vico E, De Sanctis M, Facioni L, Geri F, Gigante D, Guarino R, Landi S, Lucarini D, Panfili E, Pesaresi S, Prisco I, Rosati L, Spada F, Venanzoni R (2012) VegItaly: The Italian collaborative project for a national vegetation database. *Plant Biosystems* 146(4): 756-763.
- Lazzaro L, Ferretti G, Giuliani C, Foggi B (2014) A checklist of the alien flora of the Tuscan Archipelago (Italy) *Webbia* 69(1): 157-176.
- Mittermeier RA, Gil PR, Hoffman M, Pilgrim J, Brooks T, Coettsch C, Lamoreux MJ, Da Fonseca GAB (2005) *Hotspots Revisited*. University of Chicago Press, Chicago, USA. 392 pp.
- Sørensen T (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab* 5(4): 1-34.

Candidato: Giulia Finotti

Relatore: Alessandro Chiarucci

Correlatori: Bruno Foggi, Bruno Enrico Leone Cerabolini

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Piazza di Porta San Donato 1, 40126, Bologna

Anno di discussione: 2016

Misure morfologiche, test di vitalità, test di germinabilità di *Bubon macedonicum* L. specie rara della flora italiana

A. Bufano

Introduzione

Bubon macedonicum L. (Apiaceae, Scandiceae) è un'emicriptofita scaposa di particolare interesse fitogeografico in quanto rara e distribuita in località fortemente disgiunte. Questa specie, casmofita obbligata, si ritrova in diverse località della Grecia e diviene rara in Albania dove si concentra lungo le coste meridionali (distretto di Valona). In Italia attualmente è presente unicamente alla collina Monforte di Campobasso (Molise) con circa 400 individui ed è classificata come Gravemente minacciata (CR) dalla lista rossa della flora italiana. Di questa specie in Grecia ed Albania sono stati indagati gli aspetti cenologici e la composizione chimica dei suoi oli essenziali. In tale lavoro sono state svolte ricerche sulla biologia della riproduzione di questa specie attraverso: 1. misure morfologiche dei frutti (achenii) e capacità di germinazione dei semi in essi contenuti (poiché gli achenii contengono un solo seme, di seguito saranno indicati come semi) in condizioni controllate; 2. definizione di un protocollo di germinazione dei semi finalizzato alla coltivazione *ex situ* della specie e alla sua reintroduzione *in situ*.

Materiali e metodi

Sulla base dei protocolli internazionali (ISTA 2012), nell'agosto 2013 nel sito collina Monforte (700 m s.l.m.) sono stati raccolti casualmente e immediatamente prima della loro dispersione circa 3000 semi di *B. macedonicum*, pari a circa il 10% di quelli disponibili nella popolazione. Per 50 di tali semi sono stati quindi misurati i seguenti parametri biometrici: lunghezza (L, asse maggiore), larghezza (W, asse intermedio), spessore (T, asse minore) e massa fresca (SM). Con questi dati sono stati calcolati la superficie del seme ($S=L \times W$), il volume ($V=L \times W \times T$), la densità ($D=SM/V$) e il rapporto S/SM (superficie/massa). Per caratterizzare la forma del seme, è stato utilizzato l'indice di eccentricità ($EI=L/W$). Per i test di germinazione sono stati esaminati il Seed Information Database (Liu et al. 2008) e la letteratura esistente; questo ha permesso di verificare che, ad oggi, non esistono studi sulla conservazione e la germinabilità dei semi di *B. macedonicum*. La semina è stata effettuata in piastre Petri (90×10 mm) su un terreno di coltura (agar 1%) sotto una cappa a flusso laminare (Godefroid et al. 2010). L'incubazione si è protratta in camera di crescita Panasonic MLR-351 per 30 giorni in 2 diverse condizioni: 1. luce e temperatura controllata costante (5, 10, 15, 20 e 25 °C); 2. luce costante e temperature alternate (25/10 °C). Al fine di valutare le dinamiche di germinazione e la vitalità dei semi, sono stati effettuati dei pretrattamenti a diverse condizioni di pH e GA (acido gibberellico), unitamente ad una procedura di conservazione al freddo.

A. Pretrattamenti

A1. pH. I semi di sono stati collocati su agar sterilizzato in autoclave. Il terreno di coltura è stato differenziato in

5 livelli di pH (4, 5, 7, 8 e 11), adeguati a quelli voluti mediante una soluzione HCl 1M o NaOH 1M e misurati con un pHmetro (Crison pH 25).

A2. *Acido gibberellico (GA)*. I semi sono stati imbibiti per 24 ore a temperatura ambiente in soluzioni con concentrazioni di 250 ppm e 500 ppm GA (95% di purezza, Sigma - USA) e acqua demineralizzata (0 ppm, controllo) (Chien et al. 2011).

B. Conservazione

Cinquecento semi sono stati trattati a -20 °C per la conservazione a lungo termine (Bacchetta et al. 2006; ISTA 2012). Su tale campione sono stati effettuati ulteriori test di germinazione dopo 130 e 390 giorni.

L'analisi dei dati è stata effettuata mediante ANOVA ad una via, seguita da un post-hoc Tukey test per confrontare le differenze tra le medie.

Risultati

I parametri morfometrici presi in esame hanno mostrato una dormienza di tipo morfologico in cui è necessario un breve periodo di estivazione per l'accrescimento dell'embrione e la germinazione dei semi di *B. macedonicum*; questo fenomeno risulta già descritto per altre Apiaceae (es. *Actinotus leucocephalus*).

I risultati riguardanti la germinazione hanno evidenziato alte percentuali a diverse condizioni di pH, temperatura, GA e fotoperiodo. Per quanto riguarda il pH (4, 5, 7, 8 e 11) alla fine del periodo di osservazione sono stati rilevati valori di germinazione prossimi al 100% per i semi sottoposti a pH 5,7; nelle altre condizioni la percentuale di germinazione è risultata sempre superiore all'80%. Relativamente ai risultati derivati dalla germinazione alle 6 temperature di prova (5, 10, 15, 20, 25 e 25/10 °C), è stata rilevata in quasi tutti i test una buona capacità germinativa. In particolare a 20 °C si evidenzia il culmine di germinazione con una percentuale del 98%, mentre ad una temperatura di 5 °C si nota assenza di germinazione. Il trattamento con acido gibberellico a concentrazioni di 250 e 500 ppm ha dato un ottimo riscontro, in quanto oltre all'elevata percentuale di germinazione (95% per 250 ppm, 98% per 500 ppm) è stata rilevata una maggiore vigoria delle plantule. L'analisi ottenuta dai test attraverso un confronto tra un fotoperiodo di 12h di luce e tra un'esposizione a 24h di buio, non ha fornito valori significativamente differenti tra loro. Anche alcune condizioni ambientali che più si avvicinano a quelle presenti nel sito indagato (temperatura media annua 15 °C, pH 8), hanno assicurato alti valori di germinazione. Di notevole interesse per la conservazione di *B. macedonicum* è stato l'esito dei risultati relativi al trattamento di conservazione al freddo. I semi sottoposti a questo processo, infatti, hanno evidenziato un'alta percentuale di germinazione sia dopo 130 che dopo 390 giorni con valori, rispettivamente, del 98,4% e del 91,3%. Ciò dimostra che i semi mantengono una buona capacità germinativa nel tempo, fattore questo che riveste un'elevata importanza ai fini della conservazione della specie a medio e lungo termine.

Discussione

La propagazione da seme è un buon mezzo per la diffusione e la conservazione *ex situ* di *B. macedonicum*. Dall'elaborazione dei dati rilevati nel corso di questo lavoro si evince chiaramente che la mancata diffusione della specie non è attribuibile alla morfologia del seme ed alla sua capacità di germinazione. I test eseguiti a diverse condizioni (pH, temperatura, GA e fotoperiodo) hanno infatti mostrato, ad eccezione dei semi sottoposti a T=5 °C, esiti sempre positivi. Tale studio ha pertanto consentito di stilare un protocollo di germinazione per la specie indagata, fondamentale per la sua conservazione *ex situ* e la successiva reintroduzione *in situ*. Sebbene le percentuali finali di germinazione siano confrontabili tra i vari pH testati, da un'analisi viva il vigore delle plantule nate a pH neutro-basici è risultato significativamente maggiore rispetto alle plantule nate su pH acidi. Sulla base di queste osservazioni preliminari, è stato avviato un più approfondito studio che tiene conto dell'incremento di biomassa delle plantule sottoposte a diverse condizioni di pH (5,7, 7 e 8). Allo stato delle conoscenze attuali, ostacoli alla diffusione di questa specie sembrano essere la mancanza di adeguate nicchie ecologiche e la competizione esercitata da *Ailanthus altissima* e da casmofite obbligate come *Athamanta sicula*. Ai fini della conservazione *in situ* di *B. macedonicum* sarebbe auspicabile l'eliminazione di parte del rimboscimento a conifere localizzato in prossimità delle rupi, così come specificato nelle misure di conservazione del Piano di Gestione del Sito di Interesse Comunitario (SIC) "Rocca Monforte". Studi preliminari, inoltre, evidenziano che altri fattori relativi alla riproduzione (es. n. di fiori, impollinazione, allegagione) non sono problematici per la specie (Bufano, Paura 2012). In conclusione, con questa ricerca sono state acquisite conoscenze sulla biologia riproduttiva di *B. macedonicum* al fine di favorire un approccio integrato della conservazione *in situ/ex situ* di questa rara specie della flora italiana.

Letteratura citata

Bacchetta G, Fenu G, Mattana E, Piotto B, Virevaire M (2006) Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione *ex situ* del germoplasma. APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, Dipartimento Difesa della Natura, Servizio Parchi e risorse naturali, Manuali e Linee Guida 37/2006, Roma. 244 pp.

Bufano A, Paura B (2012) Aspetti di biologia riproduttiva di *Bubon macedonicum* L. Tesi di Laurea. Dipartimento di Agricol-

tura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise. 75 pp.

Chien C-T, Chen S-Y, Chien T-Y, Baskin JM, Baskin CC (2011) Nondeep simple morphophysiological dormancy in seeds of *Ilex maximowicziana* from northern (subtropical) and southern (tropical) Taiwan. *Ecological Research* 26(1): 163-171.

Godefroid S, Van de Vyver A, Vanderborgh T (2010) Germination capacity and viability of threatened species collections in seed banks. *Biodiversity and Conservation* 19(5): 1365-1383.

ISTA (2012) Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2012 Edition. International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf. 68 pp.

Liu K, Eastwood R, Flynn S, Turner R, Stuppy W (2008) Seed Information Database (release 7.1, May 2008). <http://data.kew.org/sid/>.

Candidato: Annarita Bufano

Relatore: Bruno Paura

Correlatori: Patrick Di Santo, Valter Di Cecco

Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, via Francesco De Sanctis snc, 86100, Campobasso

Anno di discussione: 2015

Analisi e aggiornamento delle conoscenze sulla flora e la copertura vegetale della caldera del Lago Albano (Colli Albani)

B. Mulattieri

Introduzione

Il Lago Albano è un bacino di origine vulcanica caratterizzato da un clima mediterraneo di transizione verso il temperato e la caldera che lo ospita ha una superficie di circa 10 km², di cui 6 occupati dal corpo idrico. Il margine calderico è compreso tra 360 a 560 m s.l.m., mentre la pendenza dei versanti raggiunge picchi dell'80-90%. Il corpo idrico è riconosciuto SIC e ZPS "Lago Albano", mentre una porzione dei versanti occidentali è designata come SIC "Albano (località Miralago)". Con il presente lavoro è stato effettuato uno studio floristico e vegetazionale dell'area della caldera, al fine di valutarne lo stato di conservazione e proporre ipotesi di gestione.

Materiali e Metodi

Sono stati eseguiti rilievi floristici e fitosociologici tra marzo e giugno 2016. I percorsi e le aree rilevate sono state registrate in loco tramite l'applicazione OruxMaps (6.5) e successivamente importate in QGIS (2.10). La determinazione delle specie rilevate è avvenuta consultando la "Flora d'Italia" (Pignatti 1982). L'elenco delle entità censite è stato confrontato con la flora del Parco Regionale dei Castelli Romani (Abbate et al. 2009) e con la flora del Lazio (Anzalone et al. 2010). A quest'ultimo lavoro si è fatto riferimento per la sistematica e la nomenclatura. L'inquadramento sintassonomico, invece, è stato realizzato utilizzando il Prodromo della vegetazione d'Italia (Biondi et al. 2014). Per effettuare un'analisi diacronica del paesaggio della caldera è stata realizzata una cartografia di dettaglio degli anni 1988 e 2012. La fotointerpretazione è stata eseguita utilizzando il software QGIS a una scala di visualizzazione di 1:2500, seguendo la legenda del CORINE Land Cover 2006.

Risultati

L'elenco floristico redatto consta di 268 *taxa*, divisi in 210 generi e 78 famiglie. Sono state rinvenute 4 specie indicate come rarissime o rare nella flora del Parco Regionale dei Castelli Romani (Abbate et al. 2009): *Consolida regalis* Gray subsp. *regalis*, *Euphorbia hirsuta* L., *Scrophularia umbrosa* Dumort, *Hypericum androsaemum* L. Sette specie sono risultate nuove rispetto alla flora del parco (Abbate et al. 2009) di cui 3 autoctone per il Lazio (Anzalone et al. 2010) (*Serapias vomeracea* (Burm.f.) Briq, *Ranunculus muricatus* L., *Populus nigra* L.). Le specie alloctone per il Lazio rilevate sono 34, di cui 10 invasive. Lo spettro biologico mostra la dominanza delle emicriptofite (31%), seguite da terofite (27%) e fanerofite (21%); mentre lo spettro corologico vede la prevalenza del gruppo delle mediterranee (32%), seguito dalle eurasiatiche (28%) e dalle specie ad ampia diffusione (26%).

Attraverso 32 rilievi fitosociologici, è stato possibile individuare 9 associazioni, distribuite in 6 serie di vegetazione e geosigmeta. Al geosigmeto idrofittico ed elfittico della vegetazione perilacuale degli specchi d'acqua dolce fa riferimento l'associazione del *Phragmitetum communis* Pignatti 1953, mentre al geosigmeto peninsulare igrofilo della vegetazione ripariale fa riferimento l'associazione *Populetum albae* Tchou Yen-Cheng 1949. Entrambe queste associazioni sono state rinvenute lungo le coste settentrionali della caldera, insieme all'*Holoschoenetum* Br.-Bl. 1931. Le leccete con caducifoglie, presenti su gran parte dei versanti, sono state ricondotte alla serie pe-

ninsulare neutro-basifila del leccio (*Cyclamino hederifolii-Quercus ilicis sigmetum*), di cui l'associazione *Cyclamino hederifolii-Quercus ilicis* Biondi, Casavecchia & Gigante 2003 costituisce lo stadio arboreo maturo, mentre i boschi a roverella, presenti su parte dei versanti orientali, sono ascrivibili all'associazione *Rosa sempervirentis-Quercus pubescentis* Biondi 1986 e alla serie preappenninica neutro-basifila della roverella (*Rosa sempervirentis-Quercus pubescentis sigmetum*). In questa serie sono stati compresi anche gli arbusteti a ginestra (*Spartium juncei-Cytisetum sessifolii* Biondi, Allegrezza, Guitian 1988). I castagneti studiati sono stati ricondotti all'associazione *Coronilla emeri-Quercus cerris* Blasi 1984 e alla serie preappenninica centro-tirrenica subacidofila del cerro (*Coronilla emeri-Quercus cerridis sigmetum*). Alla stessa serie sono stati ricondotti i roveti ascrivibili all'associazione *Clematido vitalbae-Rubetum ulmifolii* Poldini 1980. Interessante, infine, è stato il ritrovamento di una formazione ascrivibile all'associazione *Carpinus betuli-Coryletum avellanae* Ballelli, Biondi & Pedrotti 1973, che rappresenta la tappa matura della serie appenninica meridionale neutro-subacidofila del cerro (*Physospermum verticillati-Quercus cerridis sigmetum*) la quale tipicamente si sviluppa a quote maggiori e sui rilievi appenninici.

La fotointerpretazione delle ortofoto del 1988 e del 2012 ha permesso di evidenziare i cambiamenti di copertura e uso del suolo avvenuti negli ultimi decenni. L'estensione dello specchio d'acqua è diminuita dell'1,3%. La maggior parte dei substrati emersi (concentrati sui versanti settentrionali) ricade nella classe 1 (superfici artificiali) del CORINE Land Cover, poiché sono stati rimaneggiati ed utilizzati per aprire stabilimenti balneari. L'espansione della classe 1 è avvenuta a scapito anche della classe 2 (superfici agricole utilizzate), che è passata dal 2,62% nel 1988 all'1,20% nel 2012, dimezzando la sua estensione. I terreni non più coltivati sono stati artificializzati oppure abbandonati, consentendo così una ripresa spontanea della vegetazione naturale. La classe 3 (territori boscati e ambienti semi-naturali), infatti, risulta leggermente aumentata (+0,88%).

Discussione

I risultati ottenuti dallo studio della flora della caldera del Lago Albano sono in accordo con la flora del Parco dei Castelli Romani (Abbate et al. 2009). La distribuzione delle aree a potenzialità per i boschi ripariali, della serie peninsulare neutro-basifila del leccio e della serie preappenninica neutro-basifila della roverella definite in questa ricerca sono in accordo con Blasi et al. (2013). La serie preappenninica centro-tirrenica subacidofila del cerro, invece, occupa i versanti meridionali, mentre in Blasi et al. (2013) venivano qui cartografati "Orno-ostrieti e boscaglie a carpinella". Nuova è anche la presenza della serie appenninica meridionale neutro-subacidofila del cerro (*Physospermum verticillati-Quercus cerridis sigmetum*), occupante una ristretta area di impluvio. Infine, la formazione a *Scirpoides holoschoenus* rilevata era assente, per ragioni di scala, in Blasi et al. (2013).

La porzione settentrionale della caldera è quella che ha subito le modificazioni paesaggistiche più evidenti. Tale settore al 2012, infatti, risulta occupato dal tessuto urbano e da poche coltivazioni, sebbene abbia come potenzialità il bosco ripariale. Quest'ultima tipologia vegetale rappresenta, pertanto, la fitocenosi a peggior grado di conservazione, a causa della forte frammentazione, della presenza di strutture inutilizzate (ex-molo di Castel Gandolfo e spalti costruiti per le Olimpiadi del 1960), dell'abbandono di rifiuti e della forte presenza di specie alloctone (es. *Phytolacca americana* L.). L'impatto antropico sui versanti boscati è testimoniato anche dagli evidenti segni della ceduzione, nei castagneti e nelle formazioni a dominanza di roverella. Parte dei versanti sud-occidentali, inoltre, sono classificati nel piano di assetto idrogeologico dell'autorità di bacino del Tevere come aree a rischio di frana elevato, comportando la chiusura dei sentieri escursionistici. Dato lo stato di conservazione, sono consigliate azioni specifiche per la salvaguardia della biodiversità autoctona, come il monitoraggio periodico delle formazioni vegetali, la limitazione delle aree governate a ceduo, la creazione di adeguate "isole di biodiversità", il contenimento e/o l'eradicazione delle specie invasive, oltre al monitoraggio mirato di tutte le specie alloctone. È inoltre necessario il recupero delle coste settentrionali più degradate, tramite l'impianto di specie arbustive autoctone in accordo con la vegetazione potenziale, la demolizione dell'ex-molo e la riqualificazione dell'area degli spalti. Il problema del dissesto idrogeologico potrebbe essere mitigato tramite interventi di ingegneria naturalistica, permettendo la riapertura dei sentieri. L'aggiornamento della carta escursionistica, l'installazione di pannelli informativi e la valorizzazione dei reperti archeologici presenti lungo i versanti favorirebbero la fruizione dell'area che, seppur poco estesa, possiede un grande valore naturalistico e culturale.

Letteratura citata

- Abbate G, Bonacquisti S, Giovi E, Iamonicò D, Iberite M, Lorenzetti R (2009) Contribution to the vascular flora of the Castelli Romani Regional Park (Rome, Central Italy) with recent observations and early herbarium surveys. *Webbia* 64(1): 47-74.
- Anzalone B, Iberite M, Lattanzi E (2010) La Flora vascolare del Lazio. *Informatore Botanico Italiano* 42(1): 187-317.
- Biondi E, Blasi C, Allegrezza M, Anzellotti I, Azzella MM, Carli E, Casavecchia S, Copiz R, Del Vico E, Facioni L, Galdenzi D, Gasparri R, Lasen C, Pesaresi S, Poldini I, Sburlino G, Taffetani F, Vagge I, Zitti S, Zivkovic L (2014) Plant communities of Italy: The Vegetation Prodrome. *Plant Biosystems* 148(4): 728-814.
- Blasi C, Azzella MM, Copiz R, Del Vico E, Facioni L, Frondoni R, Mollo B, Zavattoni L (2013) Serie di vegetazione e vegetazione naturale potenziale della provincia di Roma. Provincia di Roma - Dipartimento VI Governo del Territorio. Centro interuniversitario di ricerca "Biodiversità, Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio", Roma. 93 pp.

Pignatti S (1982) Flora d'Italia 1-3. Edagricole, Bologna. 790 pp. vol. 1, 732 pp. vol. 2, 780 pp. vol. 3.

Candidato: Barbara Mulattieri

Relatore: Carlo Blasi

Correlatore: Riccardo Copiz

Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma, Piazzale Aldo Moro 5, 00185, Roma

Anno di discussione: 2016

AUTORI

Elisa De Vita, Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, via Luca Ghini 13, 56126 Pisa

Angela Illuminati, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Piazza di Porta San Donato 1, 40126 Bologna

Giulia Finotti, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Piazza di Porta San Donato 1, 40126 Bologna

Annarita Bufano, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università del Molise, via Francesco De Sanctis snc, 86100 Campobasso

Barbara Mulattieri, Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma, piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma

Responsabile della Rubrica: Adriano Stinca (adriano.stinca@unina.it), Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, via Università 100, 80055 Portici (Napoli); Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università della Campania Luigi Vanvitelli, via Vivaldi 43, 81100 Caserta
