

Tesi Botaniche

Tesi Botaniche 5

Editoriale

In questo quinto numero della rubrica *Tesi Botaniche* vengono presentate venti tesi di laurea magistrale discusse negli ultimi anni in vari campi di specializzazione della botanica. Sebbene diversi siano gli studi a carattere multidisciplinare, è possibile inquadrare tali lavori nelle seguenti aree di ricerca: archeobotanica (5 lavori), floristica e vegetazione (4), conservazione (3), fitochimica (3), algologia (2), ecologia riproduttiva (1), lichenologia (1), palinologia (1). Molto variegato anche il panorama delle sedi universitarie dove sono stati svolti i lavori: Modena (5), Ferrara (3), Campobasso (2), Milano-Bicocca (2), Cagliari (1), Caserta (1), Firenze (1), L'Aquila (1), Messina (1), Pisa (1), Roma-Roma Tre (1), Sassari (1). Tali dati denotano l'interesse dei neolaureati verso la botanica, scienza indubbiamente attuale in relazione alla crescente sensibilità verso le tematiche ambientali da parte della società.

a cura di

Adriano Stinca

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche
Università della Campania Luigi Vanvitelli, Caserta

L. Marfella, I. Burlini, A. Sordo, M. Tignonsini, A. Incerto, G. Albani Rocchetti, E. Furia, E. Clò, F. Ravarotto, M. Boscaini, S. Fortini, M. Varricchione, A. Gilioli, M.B. Castellani, F. Olivieri, F.P. Tozzi, A. Amadori, D. Spagnuolo, C. Toffolo, I. Provera

Monitoraggio della specie aliena *Cotula coronopifolia* L. in un sito Natura2000

L. Marfella

Introduzione

Le invasioni di specie aliene rappresentano una seria minaccia per la biodiversità, i servizi ecosistemici, l'economia e la salute dell'uomo (Andaloro et al. 2010). Secondo i risultati di un modello di previsione proposto da Sala et al. (2000) che analizza i cambiamenti della biodiversità globale fino al 2100, la presenza delle specie esotiche determinerà profondi cambiamenti nella biodiversità indigena di tutto il mondo.

Nel presente lavoro di tesi è stata analizzata la distribuzione e la cenologia di *Cotula coronopifolia* L. (Asteraceae) all'interno del SIC IT8010028 Foce Volturno - Variconi (Campania, Sud Italia). *Cotula coronopifolia* L. è una terofita nativa del Sud Africa, segnalata recentemente nel Sud Italia proprio all'interno del SIC oggetto di studio (Stinca et al. 2017). I dati rilevati, pertanto, possono rappresentare il punto di partenza per future attività di monitoraggio al fine di valutare il dinamismo della popolazione di questa specie esotica invasiva in Italia.

Materiali e Metodi

Area di studio. Nell'ambito del SIC Foce Volturno - Variconi che si estende per circa 303 ettari, i Variconi rappresentano un'area umida di circa 195 ettari ubicata sulla sinistra orografica della foce del Fiume Volturno. Il clima dell'area è tipicamente mediterraneo (La Valva, Astolfi 1991) e la vegetazione, data la vicinanza del mare, è principalmente costituita da formazioni alofile con presenza di *Juncus acutus* L. subsp. *acutus*, *Limonium narbonense* Mill., *Salicornia fruticosa* (L.) L. e *Tamarix africana* L. In questo sito sono presenti diversi ambienti che favoriscono la presenza di una ricca avifauna nidificante e migratoria. Il sito di studio è anche incluso nella Riserva Naturale Regionale "Foce Volturno e Costa di Licola" (Legge 06/11/1991 n. 394).

Attività di campo. Il lavoro di campo è stato condotto tra la primavera del 2017 e l'inverno del 2018. Durante la fase iniziale (aprile-luglio 2017) è stata eseguita la georeferenziazione, tramite GPS Dakota 20, degli individui di *C. coronopifolia* per determinarne la distribuzione sul territorio. Sulla base dei dati raccolti, all'interno di 15 plot circolari aventi raggio di 1,5 m (dieci posizionati in aree dove la specie era presente, cinque in aree dove

questa era assente), sono stati effettuati dei rilevamenti floristico-vegetazionali diacronici (3 repliche temporali: I. fine novembre-inizio dicembre 2017; II. gennaio 2018; III. febbraio 2018), secondo il metodo fitosociologico (Braun-Blanquet 1964), al fine di monitorare l'eventuale variazione in termini di copertura della specie sul territorio. È stata inoltre registrata, per tutte le 15 stazioni di monitoraggio, la percentuale di suolo allagato. Tutti i dati raccolti sono stati analizzati sia tramite statistica descrittiva calcolando gli indici di centralità (media e mediana) e gli indici di variazione (valore minimo e massimo, errore standard, deviazione standard e varianza), sia tramite la tecnica di statistica inferenziale dell'analisi della varianza (one-way ANOVA) attraverso il software SIGMAPLOT 14.0.

Elaborazioni cartografiche. I punti di presenza della specie registrati in formato gpx sono stati importati attraverso il software Garmin BaseCamp e successivamente convertiti in formato shape ("point" per i punti e "linestring" per le tracce) con l'utilizzo del software QGIS Desktop 2.18.7. È stata quindi realizzata la carta di distribuzione di *C. coronopifolia* con il metodo dei reticolati e delle aree di base. Questa metodologia suddivide l'area di studio in un reticolo di unità territoriali riferite ad una griglia con maglia ben definita. Il reticolo utilizzato in questo studio è quello proposto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), che ha fornito una serie di griglie (100 km², 10 km², 1 km²) basate sul sistema di coordinate di riferimento europeo ETRS89 e la proiezione Lambert Equal Area (LAEA), dedicate alle attività di monitoraggio e rendicontazione nelle aree Natura2000 ai sensi dell'art.17 della Direttiva Habitat. Per fornire un maggior dettaglio e riuscire ad inquadrare l'area della Riserva, nell'ottica di una gestione della specie aliena, la griglia standard (10 km²) è stata tagliata ottenendo un reticolo con maglia di 250 × 250 m.

Risultati

La rappresentazione su carta dei punti (155 record) ha consentito di definire in dettaglio la distribuzione della specie nell'area. Mediamente sono state registrate circa 11 stazioni di presenza per km percorso. A seguito della sovrapposizione (overlay) tra questa carta e la griglia con maglia di 250 m (ancorata alla griglia ufficiale dell'EEA), è stata ottenuta la mappa qualitativa di presenza/assenza attraverso il metodo dei quadrati. Questa carta è stata ulteriormente analizzata attraverso l'analisi di "point in polygon" che ha permesso di valutare il numero di segnalazioni all'interno di ogni quadrato, ottenendo come risultato finale una carta di densità. I quadrati, in cui è stata rilevata la presenza di *C. coronopifolia* (7 su 14), sono stati classificati secondo una scala ordinale di valori associati ad una variazione di colore in funzione del numero di osservazioni. Considerando i quadrati in cui è stata rilevata la specie, la superficie occupata risulta di 44 ettari, con un valore medio di 22,1 (±15,7) osservazioni per quadrato. I risultati delle analisi statistiche sul confronto delle tre repliche di monitoraggio (I. fine novembre-inizio dicembre 2017; II. gennaio 2018; III. febbraio 2018), mostrano un aumento statisticamente significativo della superficie occupata dalla specie tra la prima e la terza data di rilievo. Considerando inoltre la percentuale di allagamento in aumento durante il periodo di monitoraggio, risulta evidente che *C. coronopifolia* non sembra subire influenze negative da questa situazione ambientale ed al contrario sembra che possa addirittura trarne benefici.

Discussione

La georeferenziazione delle stazioni di presenza di *C. coronopifolia* ha consentito di realizzare la carta di distribuzione di questa specie nell'area umida dei Variconi. Tale carta rappresenta uno strumento indispensabile al fine di pianificare eventuali azioni di contrasto alla sua espansione. I primi risultati ottenuti dal monitoraggio di questa specie a livello di comunità in plot permanenti, oltre a costituire la base di partenza per valutare il dinamismo della popolazione di questa esotica, hanno evidenziato un significativo incremento della superficie occupata in relazione alla stagionalità. Pur nei limiti temporali di questa attività di ricerca, così come rilevato anche da altri autori (Rich et al. 2012), appare chiaro come *C. coronopifolia* soffra il periodo estivo per poi riprendersi in inverno sfruttando le condizioni di allagamento totale.

Letteratura citata

- Andaloro F, Blasi C, Capula M, Celesti-Grapow L, Frattaroli A, Genovesi P, Zerunian S (2010) L'impatto delle specie aliene sugli ecosistemi: proposte di gestione. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione per la Protezione della Natura. 37 pp.
- Braun-Blanquet J (1964) Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. Ed. 3. Springer-Verlag, Wien- New York. 865 pp.
- La Valva V, Astolfi L (1991) Secondo contributo alla conoscenza delle zone umide della Campania: la flora dei Variconi (Foce del Volturno-CE). Delpinoa n.s. 29-30 (1987-1988): 77-106.
- Rich SM, Ludwig M, Colmer TD (2012) Aquatic adventitious root development in partially and completely submerged wetland plants *Cotula coronopifolia* and *Meionectes brownie*. Annals of Botany 110(2): 405-414.
- Sala OE, Chapin FS III, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M, Wall DH (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287(5459): 1770-1774.

Stinca A, Chianese G, D'Auria G, Del Guacchio E, Fascetti S, Perrino EV, Rosati L, Salerno G, Santangelo A (2017) New alien vascular species for the flora of southern Italy. *Webbia* 72(2): 295-301.

Candidato: Luigi Marfella

Relatore: Sandro Strumia

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università della Campania Luigi Vanvitelli, Via Vivaldi 43, 81100 Caserta

Anno di discussione: 2018

Composizione fenolica ed attività antiossidante di *Corylus maxima* Mill.

I. Burlini

Introduzione

Nell'ambito della famiglia delle Betulaceae, le specie del genere *Corylus*, native dell'Europa sud-orientale e del sud-est asiatico, già in passato sono state utilizzate come fonti alimentari e per rimedi naturali. Nella medicinale popolare turca, ad esempio, le foglie del nocciolo sono utilizzate per uso topico contro eczemi tramite la preparazione di decotti, oltre che per uso interno contro irritazioni e rash cutanei (Amaral et al. 2010). Recenti indagini sulla composizione fenolica di alcune specie appartenenti ai generi *Alnus*, *Betula* (Jin et al. 2007, Martineau et al. 2010) e *Corylus* (Riethmüller et al. 2013) hanno dimostrato la presenza di un'importante componente fenolica di tipo diarileptanoico. In questo lavoro di tesi è stata analizzata la composizione fenolica e l'attività antiossidante di *Corylus maxima* Mill.

Materiali e Metodi

Da individui di *C. maxima* ubicati nei pressi di Pálfişzeg (Ungheria), ad agosto 2013 sono stati prelevati campioni di foglie e cartecchia. Da tali campioni sono state fatte diverse estrazioni tramite Soxhlet e l'utilizzo di solventi polari (etil acetato e metanolo). I relativi estratti sono stati quindi valutati qualitativamente prima tramite test di screening TLC e, successivamente, mediante test HPLC-DAD-ESI-qqqMS e HPLC-DAD-ESI-TOF (Riethmüller et al. 2015) al fine di identificare il loro profilo fenolico. La massa molecolare e la struttura chimica delle molecole sono state delineate tramite l'analisi spettrofotometrica di massa LC-ESI-TOF, mentre i prodotti di frammentazione sono stati identificati tramite spettrometria di massa LC-ESI-MS/MS. Sono state inoltre effettuate delle analisi quantitative al fine di valutare il contenuto polifenolico totale, di flavonoidi, di tannini e di derivati degli acidi idrossicinnamici, seguendo le metodiche indicate nella Farmacopea Europea VIII. È stata infine valutata l'attività antiossidante degli estratti tramite test bioautografici (TLC bioautographic assay) e test spettrofotometrici *in vitro* DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) e ABTS [2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)].

Risultati

Grazie alle metodiche di analisi utilizzate ed al confronto con gli standard di riferimento, sono state individuate 22 molecole polifenoliche negli estratti, di cui 7 di tipo flavonoico, 14 di tipo diarileptanoico e un derivato flavanico. Attraverso i cromatogrammi HPLC è stata evidenziata una relativa abbondanza di componenti diarileptanoiche negli estratti delle foglie in etil acetato, mentre gli estratti in metanolo hanno evidenziato una prevalenza di derivati flavonoici. Oregonina e hirsutenone sono quindi state identificate come le molecole diarileptanoiche più rilevanti dal punto di vista quantitativo; miricetina è stata identificata come il flavonoide più presente negli estratti in etil acetato, mentre quercetina negli estratti in metanolo in entrambi i campioni di corteccia. Tutti gli estratti analizzati hanno evidenziato un elevato quantitativo di polifenoli, in particolare negli estratti metanolici di foglie ($21,63 \pm 1,7$ g/100g droga espressi in pirogallolo) e corteccia ($22,50 \pm 1,8$ g/100g droga espressi in pirogallolo). È stata inoltre rilevata una notevole quantità di derivati dell'acido idrossicinnamico, in particolare nei campioni di corteccia. Gli estratti di foglie sono risultati ricchi anche di flavonoidi. I campioni di corteccia hanno rilevato una maggiore quantità di derivati dell'acido idrossicinnamico ($267 \pm 0,49$ g/100g droga espressi in acido rosmarinico) rispetto alle foglie ($1,51 \pm 0,34$ g/100g droga espressi in acido rosmarinico). I risultati dei vari test di attività antiossidante, hanno dimostrato che l'estratto metanolico di corteccia presenta l'attività migliore con un IC_{50} di $17,90 \pm 1,20$ μ g/ml con il test DPPH e di $1,34 \pm 0,05$ μ g/ml con ABTS, seguito dall'estratto metanolico delle foglie, quindi da quelli etanolici che hanno evidenziato una

minore attività, ma pur sempre significativa (IC₅₀ intorno ai 50,70 µg/ml).

Discussione

I dati ottenuti nel corso del presente progetto di tesi rappresentano i primi relativi alla composizione fenolica e all'attività antiossidante di *C. maxima* e ciò ne ha consentito la loro pubblicazione (Riethmüller et al. 2015). L'elevato contenuto di molecole fenoliche, in particolare di diarilpetanoidi, rappresenta un potenziale interessante per considerare questa specie come fonte di molecole attive. I diarileptanoidi sono infatti un'importante risorsa naturale e vantano numerose proprietà salutistiche come quella antinfiammatoria (Lai et al. 2012), antivirale (Tung et al. 2010) e antitumorale (Choi et al. 2008). In particolare, gli estratti che hanno evidenziato il potenziale applicativo più interessante sono risultati essere quelli ottenuti da corteccia e foglie con metanolo. L'ottimizzazione estrattiva di queste matrici vegetali potrebbe essere una valida opzione di prosecuzione dell'attività di ricerca, al fine di garantire la massima estrazione delle componenti attive le quali potrebbero essere utilizzate in campo nutraceutico, cosmetico e farmacologico. Gli estratti ottenuti, inoltre, potrebbero essere oggetto di ulteriori approfondimenti sull'attività biologica per valutare altre applicazioni salutistiche.

Letteratura citata

- Amaral SJ, Valentão P, Andrade PB, Martins RC, Seabra RM (2010) Phenolic composition of hazelnut leaves: Influence of cultivar, geographical origin and ripening stage. *Scientia Horticulturae* 126(2): 306-313.
- Choi SE, Kim KH, Kwon JH, Kim SB, Kim HW, Lee MW (2008) Cytotoxic activities of diarylheptanoids from *Alnus japonica*. *Archives of Pharmacal Research* 31(10): 1287-1289.
- Jin WY, Cai XF, Na MK, Lee JJ, Bae KH (2007) Triterpenoids and diarylheptanoids from *Alnus hirsuta* inhibit HIF-1 in AGS cells. *Archives of Pharmacal Research* 30(4): 412-418.
- Lai YC, Chen CK, Lin WW, Lee SS (2012) A comprehensive investigation of anti-inflammatory diarylheptanoids from the leaves of *Alnus formosana*. *Phytochemistry* 73(1): 84-94.
- Martineau LC, Muhammad A, Saleem A, Hervé J, Harris CS, Arnason JT, Haddad PS (2010) Anti-adipogenic activities of *Alnus incana* and *Populus balsamifera* bark extracts, part II: bioassay-guided identification of actives salicortin and oregonin. *Planta Medica* 76(14): 1519-1524.
- Riethmüller E, Alberti A, Tóth G, Béni S, Ortolano F, Kéry A (2013) Characterisation of diarylheptanoid - and flavonoid-type phenolics in *Corylus avellana* L. leaves and bark by HPLC/DAD-ESI/MS. *Phytochemical Analysis*. 24(5): 493-503.
- Riethmüller E, Tóth G, Alberti A, Végh K, Burlini I, Könczöl A, Tibor Balogh G, Kéry A (2015) First characterisation of flavonoid- and diarylheptanoid-type antioxidant phenolics in *Corylus maxima* by HPLC-DAD-ESI-MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 107: 159-167.
- Tung NH, Kwon H-J, Kim J-H, Ra JC, Ding Y, Kim JA, Kim YH (2010) Anti-influenza diarylheptanoids from the bark of *Alnus japonica*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 20(3): 1000-1003.

Candidato: Ilaria Burlini

Relatore: Gianni Sacchetti

Correlatore: Agnes Kéry

Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie, Università di Ferrara, Piazzale Chiappini 3, 44121 Ferrara

Anno di discussione: 2015

Analisi della flora delle aree verdi della Cittadella universitaria di Monserrato (polo scientifico dell'Ateneo di Cagliari), proposte di gestione e di valorizzazione

A. Sordo

Introduzione

L'Università di Cagliari nelle pertinenze delle proprie strutture presenta numerosi spazi verdi, sviluppati e incrementati nel corso della storia dell'ateneo. Nell'ambito di un filone di ricerca avviato nel 2013 sono state censite le entità vegetali presenti nelle aree afferenti al Dipartimento di Biologia animale (Corona 2015), Dipartimento di Ingegneria (Farris 2015), Polo umanistico (Concu 2016) e Orto Botanico (Lallay 2016), nonché predisposti percorsi didattici per la fruizione delle stesse aree (Abis 2013). In tale ambito si inserisce il presente lavoro di tesi, che ha l'obiettivo di valutare la consistenza del patrimonio botanico legnoso messo a dimora per scopi ornamentali e valorizzare gli spazi aperti al pubblico della Cittadella universitaria di Monserrato, nota anche come polo scientifico dell'Università.

Materiali e Metodi

Il sito indagato ricade in un territorio a storica vocazione agricola, ma ormai inglobato nel contesto urbano dell'area metropolitana di Cagliari, condizione che ha determinato una forte compromissione dei valori naturalistici del territorio. Per lo studio della componente floristica ornamentale, le aree verdi artificiali ed incolte del complesso universitario sono state classificate e attribuite ai blocchi dipartimentali di appartenenza, tenendo conto della prossimità degli edifici ad esse. Il complesso universitario è stato ripartito in 10 blocchi dipartimentali, 5 assi didattici, più diversi laboratori e servizi. Sono stati considerati gli spazi di varia dimensione e tipologia, compresi aiuole, corridoi, vasche in cemento e vasi ornamentali. Gli spazi sono stati identificati in settori ai quali è stato attribuito un codice alfanumerico, riportante la lettera identificativa del blocco dipartimentale di appartenenza ed il numero progressivo. Per la predisposizione dell'elenco floristico, da settembre 2015 a gennaio 2016 sono state identificate le sole entità legnose piantate a scopi ornamentali. Si è fatto principalmente riferimento a Pignatti (1982) per la determinazione delle entità e per l'attribuzione delle forme biologiche e dei corotipi. Lo stato di conservazione dei singoli individui censiti è stato espresso mediante una scala di cinque valori (ottimo, buono, discreto, mediocre, pessimo). Sono state infine elaborate alcune soluzioni progettuali (utilizzando i software AutoCAD e Google SketchUp) per la valorizzazione degli spazi degradati, mediante la costruzione di giardini tematici e l'inserimento di specie idonee al contesto bioclimatico.

Risultati

Nei 142 settori costituenti il complesso universitario di Monserrato sono stati censiti 1272 individui appartenenti a 109 taxa, ripartiti in 27 ordini, 44 famiglie, 81 generi, 99 specie, 2 sottospecie, 6 varietà e 2 ibridi. Cinque famiglie rappresentano il gruppo delle Gimnosperme, le restanti 39 appartengono al gruppo delle Angiosperme. La Classe delle Monocotiledoni (*Liliopsida*) è rappresentata da 25 taxa e 5 famiglie, di cui due (*Asparagaceae* e *Xanthorrhoeaceae*) inserite nel gruppo delle Monocotiledoni basali e tre (*Arecaceae*, *Poaceae* e *Strelitziaceae*) afferenti al gruppo delle Commelinidi. La Classe delle Eucotiledoni o Dicotiledoni (*Magnoliopsida*) è risultata la più rappresentata con 34 famiglie e 76 taxa suddivisi nei vari cladi costitutivi; solo due famiglie (*Lauraceae* e *Magnoliaceae*) sono ascrivibili al gruppo delle Magnoliidae. La famiglia delle *Arecaceae* è risultata essere la più ricca di taxa (12). Le specie maggiormente frequenti sono risultate *Nerium oleander*, *Pistacia lentiscus* e *Chamaerops humilis*, rispettivamente con 230, 147 e 79 individui. Molto frequenti anche gli individui di *Rosmarinus officinalis* e *Pittosporum tobira*, utilizzati come siepi. Le aree più ricche in taxa sono risultate quelle del blocco C presso il Dipartimento di Scienze Biomediche, conosciuto come "Palmeto" per l'elevata presenza di *Arecaceae* messe a dimora alla fine degli anni Ottanta, in seguito alla realizzazione dei primi edifici. Molto interessanti gli spazi verdi della sezione di Ingegneria meccanica (blocco L), progettati con utilizzo quasi esclusivo di specie autoctone mediterranee (78% del totale). L'elaborazione dello spettro biologico evidenzia, com'era logico attendersi, la predominanza delle fanerofite, nelle sottoforme scaposa (P scap), cespugliosa (P caesp) e nanofanerofita (NP). L'analisi corologica ha rilevato alte percentuali di specie con areale mediterraneo e neotropico (51% del totale).

Discussione

Le indagini sulla composizione floristica delle aree verdi artificiali forniscono interessanti elementi di spunto anche in considerazione delle interconnessioni ecologiche tra queste e il territorio circostante (Biondi, Mossa 1992, Bacchetta et al. 2009). Partendo da tali studi è infatti possibile fornire soluzioni progettuali differenziate in base ai diversi scopi da perseguire. I criteri di scelta delle specie da impiantare non possono non tener conto delle loro esigenze pedo-climatiche, capacità di resistere agli inquinanti ed ai patogeni, nonché dei costi di acquisto e manutenzione. Le soluzioni progettuali proposte per la Cittadella universitaria di Monserrato hanno perseguito l'obiettivo di realizzare un verde funzionale, oltre che meramente estetico. In base al contesto di riferimento sono state consigliate specie che possano fornire ombra nelle giornate più soleggiate, riparo dai venti dominanti nei settori più esposti, ovvero garantire il consolidamento dei versanti acclivi o il filtraggio delle polveri sottili (Bouvet, Montacchini 2007). Si è tenuto conto anche della funzione didattica e culturale sempre più richiesta nel verde pubblico, proponendo la realizzazione di giardini a tema e l'installazione di pannelli informativi riportanti le principali caratteristiche biologiche ed ecologiche delle specie. In tale senso, nei blocchi D-E (Dipartimento di Scienze chimiche e Istituto di Parassitologia) sono stati proposti giardini tematici con piante succulente dei cinque continenti, con la rappresentazione dei regni floristici del pianeta secondo Takhtajan (1992). Nel blocco I (Dipartimento di Medicina e Chirurgia), invece, è stato programmato il recupero ambientale delle aree degradate e la costruzione di un grande giardino mediterraneo, mediante la creazione delle principali serie di vegetazione tipiche del contesto bioclimatico dell'area di studio. In questo stesso blocco, considerata l'esigenza di incrementare gli spazi verdi a disposizione del Policlinico universitario, sono stati previsti spazi con piante ad uso terapeutico come le aromatiche e le tintorie. Il patrimonio botanico della Cittadella universitaria di Monserrato pur risultando nel complesso ben strutturato e ben conservato e dotato di una buona

diversità floristica, necessita di ulteriori miglioramenti ai quali il presente lavoro di tesi ha cercato di contribuire ponendo soluzioni progettuali innovative.

Letteratura citata

- Abis L (2013) Progettazione di un percorso didattico per la valorizzazione di un'area verde dell'Università degli Studi di Cagliari: "ex giardino sordomuti" – Polo giuridico-economico. Tesi di laurea magistrale. Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università di Cagliari. 94 pp.
- Bacchetta G, Bagella S, Biondi E, Farris E, Filigheddu R, Mossa L (2009) Vegetazione forestale e serie di vegetazione della Sardegna (con rappresentazione cartografica alla scala 1: 350.000). *Fitosociologia* 46(1): 3-82.
- Biondi E, Mossa L (1992) Studio fitosociologico del promontorio di Capo Sant'Elia e dei colli di Cagliari (Sardegna). *Documents Phytosociologiques* n.s. 14: 1-44.
- Bouvet D, Montacchini E (2007) La vegetazione nel progetto. Uno strumento per la scelta delle specie vegetali. *Sistemi Editoriali, Pozzuoli (Napoli)*. 144 pp.
- Concu G (2016) Riqualificazione del verde del Campus umanistico "Sa Duchessa" dell'Università degli Studi di Cagliari e progettazione di un percorso didattico. Tesi di laurea magistrale. Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università di Cagliari. 60 pp.
- Corona E (2015) Proposte di valorizzazione e gestione dell'area verde della Sezione di Biologia animale del Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Cagliari. Tesi di laurea magistrale. Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università di Cagliari. 76 pp.
- Farris S (2015) Componente floristica e proposte di valorizzazione del verde della Facoltà di Ingegneria e Architettura (sede Piazza d'Armi) dell'Università degli Studi di Cagliari. Tesi di laurea magistrale. Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università di Cagliari. 60 pp.
- Lallay A (2016) Censimento e revisione nomenclaturale di settori e collezioni conservate presso l'Orto Botanico dell'Università degli Studi di Cagliari. Tesi di laurea magistrale. Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università di Cagliari. 82 pp.
- Pignatti S (1982) *Flora d'Italia* 1-3. Edagricole, Bologna. 790 pp. vol 1, 732 pp. vol 2, 780 pp. vol 3.
- Takhtajan A (1992) *Floristic Regions of the World*, University of California Press, Berkeley. 522 pp.

Candidato: Alessio Sordo

Relatore: Maria Caterina Fogu

Correlatore: Gianluca Iiriti

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Sezione di Botanica e Orto Botanico, Università di Cagliari, Via Sant'Ignazio da Laconi 13, 09123 Cagliari

Anno di discussione: 2016

Studio fitochimico e di bioattività di *Buddleja incana* e *Myrcianthes hallii*

M. Tignonsini

Introduzione

Nella regione delle Ande dell'Ecuador (Sud America) l'uso delle piante nella medicina tradizionale è di antica origine, ma non sempre tali utilizzi sono stati verificati scientificamente. L'obiettivo del presente lavoro di tesi, svolto in collaborazione con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) di Riobamba (Ecuador), è la caratterizzazione chimica e biologica delle foglie di due specie native di questo territorio utilizzate nella medicina (de la Cruz et al. 2014): *Buddleja incana* Ruiz & Pav. e *Myrcianthes hallii* (O.Berg) McVaugh.

Materiali e Metodi

Il materiale vegetale esaminato è stato raccolto il 18 maggio 2018 a Riobamba, nella provincia di Chimborazo (Ecuador). L'identificazione dei campioni è avvenuta consultando l'Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador (de la Torre et al. 2008). Si è operato quindi un controllo di qualità dei campioni, seguendo le norme dettate dalla United States Pharmacopeia (USP-NF 2018), misurando umidità, ceneri totali, solubili in acqua e insolubili in acido cloridrico, solidi totali, indice di rifrazione, densità, peso specifico e pH.

Lo studio fitochimico è stato preceduto dall'analisi della letteratura disponibile per le specie affini (Filho et al. 2012, Chavez Carvajal et al. 2016, El-Gamal et al. 2017), essendo molto carenti le ricerche relative alle specie oggetto di questa indagine, soprattutto nel caso di *B. incana*. In primo luogo, è stata operata un'analisi quantitativa dei polifenoli totali presenti nelle due droghe, che ne ha mostrato una presenza significativa in entrambi gli estratti. Successivamente, sono state eseguite analisi mediante HP-TLC, con l'obiettivo di definire

in maniera qualitativa il profilo fitochimico degli estratti. I componenti maggioritari o di maggiore interesse sono stati quindi separati con flash-cromatografia in colonna e identificati tramite risonanza magnetica nucleare. Avendo delineato, in entrambe le specie, un profilo fitochimico particolarmente ricco di polifenoli, è stata indagata la bioattività di questi composti, noti per la loro attività antinfiammatoria ed antiossidante. L'analisi dell'attività antiossidante è stata eseguita mediante l'utilizzo del radicale DPPH, di tipo qualitativo su HP-TLC e quantitativo con lettore di micropiastre, sia sugli estratti che sui composti puri, identificati come catechina e verbascoside. È stato infine svolto un saggio di attività antinfiammatoria su neutrofili umani isolati, accoppiato ad un saggio di citotossicità.

Risultati

L'estratto di *M. hallii* ha mostrato una quantità di polifenoli totali pari a 654,84 mg di acido gallico per grammo di estratto, mentre quello di *B. incana* a 312,13 mg di acido gallico per grammo di estratto. L'analisi fitochimica è quindi proseguita con la separazione di due composti mediante flash-cromatografia in colonna, che sono stati successivamente analizzati mediante $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$ e $^2\text{D-NMR}$: nel caso di *M. hallii* è stato separato un solo composto (identificato successivamente come catechina), nell'estratto di *B. incana* è stato isolato il composto maggioritario (verbascoside). Essendo largamente descritte in letteratura le attività antinfiammatorie e antiossidanti dei polifenoli e dei due composti isolati (Iacopini et al. 2008, Funes et al. 2009, Alipieva et al. 2014), si è deciso di verificare la presenza *in vitro* di tali attività, sia negli estratti, sia nei composti puri isolati. Entrambi gli estratti (*M. hallii* $\text{IC}_{50}=3,63 \mu\text{g/mL}$; *B. incana* $\text{IC}_{50}=8,27 \mu\text{g/mL}$) hanno mostrato un'elevata attività antiossidante paragonabile al Trolox, controllo positivo ($\text{IC}_{50}=3,52 \mu\text{g/mL}$). Analogamente, anche catechina ($\text{IC}_{50}=3,99 \mu\text{g/mL}$) e verbascoside ($\text{IC}_{50}=4,56 \mu\text{g/mL}$) hanno restituito elevata capacità "radical scavenger". Rispetto all'attività antinfiammatoria, i valori di inibizione del rilascio di specie infiammatorie da parte di neutrofili isolati ed attivati con Zymosan A, sono risultati leggermente maggiori rispetto a quelli dell'acido acetilsalicilico, controllo positivo, sebbene gli estratti abbiano evidenziato anche una leggera citotossicità. Al fine di indagare ulteriormente quest'ultimo dato, sono necessarie ulteriori prove, anche *in vivo*.

Discussione

Nel presente lavoro sono stati identificati i principali composti fitochimici presenti nelle foglie di *M. hallii* e *B. incana*. Catechina e verbascoside sono risultati essere i composti principali, rispettivamente, in *M. hallii* e *B. incana*.

Per quanto riguarda *M. hallii*, le analisi di attività biologica, relative all'attività antiossidante e antinfiammatoria, hanno mostrato un'attività molto elevata *in vitro*. Questo è probabilmente dovuto all'intero fitocomplesso, non essendo identificabile un composto principale, ma un insieme di composti chimicamente simili, in proporzioni variabili. Ulteriori saggi sono necessari per valutare se tale attività si sviluppi anche *in vivo*.

Per quanto riguarda *B. incana*, l'estratto ha evidenziato una buona attività antinfiammatoria ed antiossidante. I dati ottenuti dagli studi fitochimici e dalle prove di attività biologica su verbascoside suggeriscono che tali attività siano attribuibili in larga parte a questo composto, ben noto antiossidante e antinfiammatorio (Funes et al. 2009, Alipieva et al. 2014).

È possibile dunque affermare che, considerata l'elevata attività antiossidante *in vitro*, i due estratti idroalcolici potrebbero essere impiegati come prodotti per la salute. Per l'estratto idroalcolico di *M. hallii* sarà necessario, mediante un'analisi HPLC-MS, identificare gli altri composti attivi, e per entrambi gli estratti sono auspicabili ulteriori approfondimenti sulle attività biologiche *in vitro* ed *in vivo*.

Letteratura citata

- Alipieva K, Korkina L, Orhan IE, Georgiev MI (2014) Verbascoside – A review of its occurrence, (bio)synthesis and pharmacological significance. *Biotechnology Advances* 32(6): 1065-1076.
- Chavez Carvajal P, Coppo E, Di Lorenzo A, Gozzini D, Bracco F, Zanoni G, Nabavi SM, Marchese A, Arciola CR, Maria Daglia (2016) Chemical characterization and *in vitro* antibacterial activity of *Myrcianthes hallii* (O. Berg) McVaugh (Myrtaceae), a traditional plant growing in Ecuador. *Materials* 9(6): E454.
- de la Cruz GM, Malpartida SB, Santiago HB, Jullian V, Bourdy G (2014) Hot and cold: medicinal plants uses in Quechua speaking communities in the high Andes (Callejón de Huaylas, Ancash, Perú). *Journal of Ethnopharmacology* 155(2): 1093-1117.
- de la Torre L, Navarrete H, Muriel P, Macía MJ, Balslev H (Eds) (2008) Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus, Quito & Aarhus. 949 pp.
- El-Gamal A, Al-Massarani S, Fawzy G, Ati H, Al-Rehaily A, Basudan O, Abdel-Kader M, Tabanca N, Becnel J (2017) Chemical composition of *Buddleja polystachya* aerial parts and its bioactivity against *Aedes aegypti*. *Natural Products Research* 32(23): 2775-2782.
- Filho AG, Morel AF, Adolpho L, Ilha V, Giralt E, Tarragó T, Dalcoli II (2012) Inhibitory effect of verbascoside isolated from *Buddleja brasiliensis* Hacq. ex Spreng on prolyl oligopeptidase Activity. *Phytotherapy Research* 26(10): 1472-1475.

- Funes L, Fernández-Arroyo S, Laporta O, Pons A, Roche E, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A, Micol V (2009) Correlation between plasma antioxidant capacity and verbascoside levels in rats after oral administration of lemon verbena extract. *Food Chemistry* 117(4): 589-598.
- Iacopini P, Baldi M, Storchi P, Sebastiani L (2008) Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, *in vitro* antioxidant activity and interactions. *Journal of Food Composition and Analysis* 21(8): 589-598.
- USP-NF (2018) USP 41 – NF 36. The United States Pharmacopeia and National Formulary. United States Pharmacopeial Convention.

Candidato: Matteo Tignonsini

Relatore: Alessandra Guerrini

Correlatori: Diego Vinueza, Immacolata Maresca

Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie, Università di Ferrara, Via Luigi Borsari 46, 44121 Ferrara

Anno di discussione: 2019

Inquadramento della vegetazione ad impollinazione anemofila della Conca Aquilana: relazione tra pollini e parametri meteorologici

A. Incerto

Introduzione

Il monitoraggio pollinico, nell'ambito delle valutazioni ambientali, può essere utilizzato come strumento per lo studio della vegetazione di un territorio. Oltre agli aspetti botanici, l'andamento meteorologico influenza direttamente la produzione di polline e la sua dispersione (Pace et al. 2018). In questo lavoro di tesi sono state valutate le sorgenti dei pollini e la loro localizzazione nella Conca Aquilana (Abruzzo, Centro Italia) mediante la realizzazione di cartografie tematiche che descrivono l'uso del suolo e, in particolare, le tipologie forestali. I dati aerobiologici sono stati quindi combinati con i dati meteorologici al fine di valutare la dispersione dei pollini di interesse aerobiologico in relazione ai venti prevalenti nelle diverse stagioni.

Materiali e Metodi

In questo studio sono stati utilizzati 5 dataset contenenti le medie settimanali delle concentrazioni di pollini (p/m^3) distinti per famiglia botanica, rilevati dalla stazione de LAquila (AQ01 RIMA@-Univaq) nel periodo 2014-2018. Per ogni dataset e per ogni famiglia sono state calcolate la media aritmetica dei 5 anni e le percentuali di concentrazione pollinica. È stato quindi elaborato il calendario pollinico relativo a ciascuna famiglia. Ai dati aerobiologici sono stati associati i seguenti dati meteorologici registrati dalla stazione del CETEMPS nel periodo 2014-2018: temperatura massima, temperatura minima, intensità di pioggia (mm/h), velocità e direzione del vento. Tali dati sono stati associati implementando uno script sul software opensource RStudio (Rstudio Team 2016, Boston). Per valutare la provenienza dei pollini rispetto al campionario e la distanza potenziale percorsa da essi, considerando velocità e direzione del vento, sono stati costruiti Polarplot su base stagionale delle principali famiglie botaniche utilizzando il software Openair 2.6-5. Mediante il software QGIS 2.18.14 sono state realizzate carte tematiche utilizzando i file riguardanti l'uso del suolo e le tipologie forestali disponibili sul GeoPortale della Regione Abruzzo (<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet>). Sono state infine elaborate le schede botaniche dei taxon di interesse aerobiologico presenti nella Conca Aquilana. Tali taxon sono stati compresi in una o più categorie riportate nella legenda delle carte tematiche e, con l'applicazione di Excel, è stata ricavata la percentuale di distribuzione relativa ad ogni categoria.

Risultati

L'analisi cartografica delle tipologie forestali presenti nella Conca Aquilana ha evidenziato una netta prevalenza di cerrete e querceti a roverella (64%), seguite da faggete (13%), castagneti (8%), orno-ostrieti (6%), altre latifoglie non comprese nelle categorie già citate (5%), robinieti-alianteti (2%), formazioni a conifere (1%) e arbusteti (1%). Riguardo all'uso del suolo sono risultate le seguenti percentuali: aree a pascolo naturale e agroforestali montane 76%, colture 10%, insediamenti residenziali e produttivo 4%, vegetazione rada con arbusteti e cespuglieti 3%, rocce nude e falesie 2%, formazioni a conifere 5%.

Le famiglie maggiormente rilevate dal monitoraggio pollinico sono state:

- Cupressaceae (23,25%), con un areale di distribuzione del 2% per le tipologie forestali e 88% per l'uso del suolo;
- Corylaceae (13,85%), con un areale di distribuzione dell'1% per le tipologie forestali e 79% per l'uso del suolo;
- Urticaceae (10,45%), con un areale di distribuzione dell'1% per le tipologie forestali e 83% per l'uso del suolo;
- Betulaceae (9,40%), con un areale di distribuzione del 6% per le tipologie forestali;
- Poaceae (8,78%), con un areale di distribuzione dell'1% per le tipologie forestali e 93% per l'uso del suolo;
- Fagaceae (7,05%, di cui *Quercus* spp. 63%, *Castanea sativa* 24%, *Fagus sylvatica* 13%), con un areale di distribuzione del 90% per le tipologie forestali.

Dai risultati ottenuti, attraverso l'analisi dei Polarplot, è stato possibile individuare la provenienza dei pollini in base alla loro concentrazione, alla direzione ed alla velocità del vento. Si riportano di seguito le considerazioni relative alle principali famiglie.

- Cupressaceae: le concentrazioni abbondanti provengono da Ovest e da Nord-Ovest in primavera, mentre in inverno le concentrazioni abbondanti provengono da Sud-Ovest rispetto alla posizione del campionatore.
- Corylaceae: hanno evidenziato una provenienza molto simile a quella delle Cupressaceae, ma con concentrazioni maggiori in primavera.
- Salicaceae: le concentrazioni abbondanti si hanno prevalentemente in primavera e la provenienza è da Nord e Nord-Ovest.
- Betulaceae: la distribuzione e la provenienza sono simili a quella riscontrata per le Salicaceae.
- Fagaceae: la loro distribuzione primaverile è descritta in gran parte da *Quercus* spp. la cui provenienza è Ovest e Sud-Ovest. *Fagus sylvatica* ha mostrato una distribuzione primaverile con provenienza da Ovest. *Castanea sativa* ha una pollinazione estiva con provenienza da Ovest-Nord-Ovest.
- Urticaceae: hanno pollinazione abbondante essenzialmente estiva ed i pollini provengono soprattutto dalla parte Nord.
- Poaceae: in primavera le concentrazioni importanti provengono da Nord-Ovest, Ovest, Sud-Ovest e Sud; in estate la provenienza è soprattutto da Nord.

Discussione

Per valutare la provenienza dei pollini, in base alla direzione ed alla velocità del vento, è indispensabile considerare la diversità nelle 24 ore dell'orientamento delle masse di aria in relazione alla brezza montagnavalle. Pertanto, la distanza potenziale percorsa dai pollini è stata calcolata considerando la velocità del vento per un tempo di 12 ore. La famiglia botanica che costituisce la pollinosi più abbondante è quella delle Cupressaceae; ciò è in linea con il suo areale di distribuzione, individuato dalle carte tematiche, e con la quantità di pollini prodotti. Per quanto riguarda la provenienza dei pollini di Cupressaceae e Corylaceae, il confronto del Polarplot, con la distribuzione ricavata dalle carte tematiche, ne giustifica parzialmente la provenienza. Per le Salicaceae e le Betulaceae, il confronto dei dati giustifica la provenienza dei pollini coerentemente alle carte tematiche. Per le Fagaceae, la provenienza dei pollini di *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica* e *Quercus* spp. è in accordo con la loro distribuzione sul territorio. Urticaceae e Poaceae, comprese in più di una categoria considerata nelle carte, risultano di ampia distribuzione, giustificando la provenienza e la quantità di polline aerodisperso nel territorio della Conca Aquilana. In conclusione, il lavoro svolto nel corso di questa tesi ha consentito l'elaborazione di carte tematiche della vegetazione della Conca Aquilana e di identificare la quantità e la qualità di polline aerodisperso soprattutto in relazione alla velocità e alla direzione del vento. Dai dati ottenuti si evidenzia che il percorso effettuato da alcuni pollini (Cupressaceae e Corylaceae) non è pienamente giustificato dalla relazione tra la distribuzione della sorgente e la direzione dei venti dominanti. Ulteriori approfondimenti sono pertanto indispensabili al fine di valutare un'area di studio più ampia rispetto alla Conca Aquilana e di considerare come la dimensione delle particelle influenzi la loro dispersione (Pitari et al. 2014).

Letteratura citata

- Pace L, Boccacci L, Casilli M, Di Carlo P, Fattorini S (2018) Correlations between weather conditions and airborne pollen concentration and diversity in a Mediterranean high-altitude site disclose unexpected temporal patterns. *Aerobiologia* 34 (1):75-87.
- Pitari G, Coppari E, De Luca N, Di Carlo P, Pace L (2014) Aerosol Measurements in the Atmospheric Surface Layer at L'Aquila, Italy: Focus on Biogenic Primary Particles. *Pure and Applied Geophysics* 171(9): 2425-2441.

Candidato: Angela Incerto

Relatore: Loretta G. Pace

Correlatore: Gabriele Curci

Dipartimento di Medicina clinica, Sanità pubblica, Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università dell'Aquila, Piazzale Salvatore Tommasi 1, Blocco 11, 67010 L'Aquila

Anno di discussione: 2019

Aspetti floristico-vegetazionali delle cenosi forestali nell'area dell'Antica Lavinium (Pratica di Mare, Pomezia) nell'ambito della valorizzazione storico-naturalistica dell'area

G. Albani Rocchetti

Introduzione

Questo studio si propone di descrivere il territorio del sito archeologico Antica Lavinium (Tonelli 1996), oggi nota come Tenuta Borghese di Pratica di Mare, da un punto di vista storico, archeologico ed ecologico, con particolare riguardo alle caratteristiche floristico-vegetazionali delle cenosi forestali presenti. È stata inoltre svolta una valutazione gestionale dell'area al fine di suggerire modifiche ed integrazioni al progetto "Rotte di Enea" dell'omonima Associazione. Questo lavoro, pertanto, è stato svolto mirando ad una gestione del sito maggiormente comprensiva del valore naturalistico, storico e archeologico del territorio, elementi tra loro inscindibili e di inestimabile valenza culturale.

Materiali e Metodi

L'area di studio risulta ubicata nel comune di Pratica di Mare (Lazio) ad una quota compresa tra 40 e 108 m s.l.m. La metodologia utilizzata comprende campionamenti floristici e n. 45 rilievi vegetazionali eseguiti secondo il metodo fitosociologico, oltre che la raccolta di dati riguardanti gli aspetti climatici, biologici, geologici ed ecologici del sito. L'elaborazione dei dati è stata effettuata tramite analisi statistiche e GIS. Il lavoro di campo è stato svolto da aprile a settembre 2018 e la lista floristica ottenuta è stata sottoposta ad analisi delle forme biologiche e di frequenza delle specie. Sono state anche evidenziate le emergenze floristiche a scala regionale (Anzalone et al. 2010, Lucchese 2017) (Legge Regionale Lazio 19 Settembre 1974 n. 61), nazionale (Lista Rossa della Flora Italiana) ed internazionale (IUCN Red List, Invasive Species Specialist Group 2019, Direttiva Habitat 92/40 CEE; Convenzione di Berna del 1979, CITES del 1973), soprattutto perché presente il SIC IT6030016 Antica Lavinium - Pratica di Mare comprendente l'habitat prioritario 5230*.

Per la valutazione dell'interesse naturalistico della flora è stata effettuata un'analisi comparativa delle specie a livello locale considerando numerosi parametri (fitogeografia, collocazione altimetrica, sensibilità all'impatto antropico, naturalità e presenza di elementi residuali). Al contempo è stata effettuata un'analisi dell'interesse storico della flora mediante il confronto con fonti documentarie riguardanti le piante indicate nelle fonti antiche e nell'iconografia romana (Caneva 2011, Kumbaric, Caneva 2014). Sono stati infine raccolti dati (coordinate, misurazioni, fotografie) degli alberi di interesse conservazionistico e naturalistico, quali specie rare ed esemplari dalle caratteristiche di monumentalità in quanto peculiarità della Tenuta, nell'ottica della valorizzazione della stessa.

Risultati

La lista floristica delle cenosi forestali analizzate consta di 128 specie, appartenenti a 57 famiglie. Dall'analisi dello spettro biologico della flora totale è emersa una prevalenza di fanerofite (38%), in accordo con il carattere arboreo delle cenosi oggetto di studio. Significativa anche la presenza delle geofite (12%), rappresentativa di formazioni vegetali sottoposte sia a lunghe stagioni aride o fredde, sia a disturbi quali incendio e pascolo. Lo spettro corologico mostra una prevalenza delle specie Mediterranee rispetto a quelle Europee (63% vs. 28%). Nel dettaglio le specie Steno-Mediterranee rappresentano un terzo del totale (34%), di poco superiori alle Euri-Mediterranee (29%). Sia le specie con areale Europeo, sia quelle Eurasiatiche, rappresentano il 13% del totale, coerentemente con le caratteristiche climatiche del sito.

L'analisi multivariata dei 45 rilievi della vegetazione forestale ha mostrato una segregazione in cinque gruppi comprendenti 40 rilievi (5 rilievi sono risultati outlier), ordinati tramite PCA secondo gradienti di igrofilia e di termofilia. I clusters corrispondono alle seguenti tipologie vegetazionali: 1) aspetti forestali di cerrete miste ad alloro (8 rilievi); 2) aspetti forestali termofili e meso-igrofilii (9 rilievi); 3) laureti e formazioni miste a leccio e bagolaro (17 rilievi); 4) querceti misti termofili a dominanza di cerro e sughera con componenti nitrofile (2 rilievi); 5) querceto misto a dominanza di sughera e cerro (4 rilievi).

Discussione

Il sito archeologico Antica Lavinium presenta una buona ricchezza floristica complessiva e una discreta eterogeneità delle cenosi forestali, sebbene sia localizzato in un contesto territoriale di tipo agro-pastorale. Interessanti dal punto di vista fitogeografico risultano i rinvenimenti di *Fraxinus excelsior* e *Sorbus aucuparia*, specie dalla collocazione altimetrica extrazonale in quanto normalmente presenti a quote superiori ai 700 m s.l.m. Nel sito indagato sono presenti numerose specie residuali rappresentative del paesaggio vegetale della fascia costiera tirrenica (es. *Quercus suber*, *Q. ilex*, *Q. cerris* e *Q. robur*), oltre ad alcune specie fortemente costruttive

del paesaggio forestale e con carattere relittuale (es. *Laurus nobilis* costituente l'Habitat prioritario 5230*) (Castagnoli 1972, Gianguzzi et al. 2010). La complessiva eterogeneità delle cenosi forestali della Tenuta Borghese di Pratica di Mare trova spiegazione nell'analisi delle serie di vegetazione proprie di questo settore tirrenico (Blasi et al. 2010). Il sito si trova infatti a cavallo tra tre serie vegetazionali fortemente legate ai contesti geo-morfologici ed edafici locali, quali la presenza di suoli vulcanici, di suoli tipici delle formazioni dunali antiche e di substrati franco-argillosi nel settore adiacente al Fosso di Pratica di Mare. In quest'ultima zona, in assenza di disturbo antropico, la vegetazione potenziale sarebbe quella del geosigmeto peninsulare igrofilo della vegetazione ripariale, caratterizzata dalla dominanza, in ordine decrescente di igrofilia, dei generi *Salix*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Populus* e *Quercus* (*Q. robur*). Ad eccezione di *Alnus glutinosa*, nella tenuta sono presenti specie appartenenti ai generi suddetti, in particolare *S. alba*, *P. nigra*, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *F. excelsior*, *F. ornus* e *Laurus nobilis*.

La presenza dell'alloro a portamento arboreo su substrati formati da depositi eolici pleistocenici risulta inquadabile nella potenzialità della vegetazione del geosigmeto peninsulare psammofilo e alofilo, che nelle aree più interne è caratterizzato da leccete (*Cyclamino repandi-Quercetum ilicis*). Queste cenosi, in presenza di falde superficiali, cambiano composizione, creando una situazione ambientale intermedia tra la lecceta umida e il frassineto, favorendo lo sviluppo di popolamenti a dominanza di alloro nello strato arboreo. L'alloro, tuttavia, si ritrova anche nelle cenosi forestali di suoli con una maggiore componente vulcanica, specialmente nel settore centro-orientale della tenuta. In tale contesto, la vegetazione potenziale si inserisce nella serie preappenninica centro-tirrenica subacidofila dei substrati piroclastici del cerro (*Carpino orientalis-Quercus cerridis sigmetum*), caratterizzata dalla dominanza di *Q. cerris* e *Carpinus orientalis* e dalla presenza di diverse specie, quali *Q. frainetto*, *Acer campestre* e *Fraxinus ornus*, cui sono dinamicamente legati i consorzi arbustivi del *Pruno-Rubenion ulmiifolii*. In questo contesto di seriazione vegetazionale, sono presenti anche piccole formazioni a dominanza di alloro e *Celtis australis*, collocate sul lato Nord-orientale del bosco in condizioni di forte pendenza (in media 40%) e talora in incisioni più profonde simili a forre. Queste particolari condizioni ambientali definiscono un tipo di vegetazione molto raro in Italia, scarsamente indagato e non ancora caratterizzato dal punto di vista sintassonomico.

Letteratura citata

- Anzalone B, Iberite M, Lattanzi E (2010) La Flora vascolare del Lazio. *Informatore Botanico Italiano* 42(1): 187-317.
- Blasi C, Di Pietro R, Filibeck G, Filesi L, Ercole S, Rosati L (2010) Le Serie di vegetazione della regione Lazio. In: Blasi (Ed.) *La Vegetazione d'Italia*. Palombi & Partner, Roma.
- Caneva G (2011) *Il codice botanico di Augusto*. Roma - Ara Pacis. Parlare al popolo attraverso le immagini della natura. Gangemi Editore, Roma. 223 pp.
- Castagnoli F (1972) *Lavinium*, I. Topografia generale, fonti e storia delle ricerche. Università di Roma, Istituto di Topografia Antica. De Luca, Roma. 120 pp.
- Gianguzzi L, D'Amico A, Romano S (2010) Phytosociological remarks on residual woodlands of *Laurus nobilis* in Sicily. *Lazaroa* 31: 67-84.
- Invasive Species Specialist Group (2019) *The Global Invasive Species Database*. Version 2015.1. <http://www.iucngisd.org/gisd/> [accessed 7-06-2019].
- Kumbaric A, Caneva G (2014) Updated outline of floristic richness in Roman iconography. *Rendiconti Lincei* 25(2): 181-193.
- Lucchese F (2017) *Atlante della Flora Alloctona del Lazio: Cartografia, Ecologia e Biogeografia*. Vol. 1. Parte generale e Flora Alloctona. Regione Lazio, Direzione Ambiente e Sistemi Naturali, Roma. 352 pp.
- Tonelli V (1996). "Antica Lavinium" Pratica di Mare. In: Dinelli A, Guarrera PM (Eds.) *Ambienti di particolare interesse naturalistico del Lazio*. Regione Lazio, Assessorato alla Cultura. Dipartimento di Biologia Vegetale, Università La Sapienza, Roma.

Candidato: Giulia Albani Rocchetti

Relatore: Giulia Caneva

Correlatore: Flavia Bartoli

Dipartimento di Scienze, Università di Roma Tre, Viale Guglielmo Marconi 446, 00146 Roma

Anno di discussione: 2019

Agrosistema e sviluppo sostenibile: il caso-studio della fine della Terramara di S. Rosa di Poviglio (Bronzo Recente – XVI secolo d.C.)

E. Furia

Introduzione

La presente tesi si colloca all'interno del progetto "SUCCESSO-TERRA-Società Umane, Cambiamenti Climatico-ambientali e Sfruttamento/Sostenibilità delle risorse durante l'Olocene medio in Pianura Padana. Il caso delle Terramare" (coord. Prof. Andrea Zerboni, former Mauro Cremaschi, Università di Milano Statale). Scopo del

progetto è affrontare con una prospettiva interdisciplinare la relazione clima-ambiente-uomo, considerando che le relazioni tra clima, ambiente e civiltà sono bi-direzionali. Da sempre le attività umane hanno influito pesantemente sugli habitat terrestri e sul clima stesso. Lo studio della civiltà terramaricola, e in particolare del breve periodo in cui è avvenuto il suo collasso, è un tema attuale perché legato anche al dibattito sul riscaldamento globale e sullo sviluppo sostenibile.

Materiali e Metodi

Sono stati raccolti 26 campioni per le analisi polliniche nella campagna di scavo 2015 nel sito archeologico di Santa Rosa di Poviglio sezione ovest, settore Nord, provenienti da due serie: VP/VG-II e VP/VG-III. Studi geostratigrafici e archeologici hanno consentito l'attribuzione dei campioni a diverse fasi cronologiche. Di queste serie, sono stati analizzati 10 campioni dalla VP/VG-II e 10 campioni dalla VP/VG-III. I campioni prelevati sono stati trattati con il metodo di estrazione pollinica in uso presso il Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica di Modena, che permette di eliminare frazione inorganica e organica non sporopolleninica e concentrare i granuli pollinici. Tale metodo, inoltre, permette l'estrazione anche di eventuali spore di funghi, alghe, frammenti di animali, micro carboni, complessivamente denominati Non Pollen Palynomorphs (NPP). Dopo il trattamento il residuo estratto è stato montato su vetrini permanenti in gelatina glicerinata, sigillati con paraffina, ed analizzato a 1000× ingrandimenti con microscopio ottico.

Risultati

Le due sequenze VP/VG-II e VP/VG-III permettono di ricostruire il cambiamento ambientale e l'uso del territorio avvenuto durante il periodo di crisi della civiltà terramaricola, ma anche successivamente fino al XVI secolo. Tutti i campioni esaminati si sono mostrati polliniferi. La concentrazione pollinica è risultata mediamente alta, mentre scarsa in tutti i campioni la presenza degli NPP. Il polline ha evidenziato uno stato di conservazione discreto e con esina ben identificabile. Dopo le analisi sono state calcolate alcune sommatorie utili all'interpretazione dei dati. Il rapporto legnose/erbacee, indice della copertura forestale, indica che il territorio era per lo più aperto, con boschi distanziati rispetto al sito di studio. La copertura arborea è risultata composta principalmente da querceto misto, con boschi igrofili composti da ontano, salice e pioppo. È stato anche registrata la presenza di un trasporto a lunga distanza di polline di abete e pino. Le piante che vivono in ambienti umidi, oltre alle legnose già citate per i boschi igrofili, hanno una buona presenza negli spettri con oscillazioni legate a estensione o riduzione dei bacini di acqua dolce. Tra le legnose, sono state identificate il nocciolo (*Corylus* 0,7% in media) e il pruno (*Prunus* 0,1%), che potrebbero essere stati raccolti da piante spontanee o coltivate nelle vicinanze del sito. Altra legnosa individuata è stata la vite (*Vitis*) che è risultata presente in pochi campioni e con concentrazione inferiori all'1%. Come suggerito da Cremaschi et al. (2016), si tratta di piante presenti spontaneamente nelle zone umide del sito, favorite dall'azione umana durante la fine dell'età del bronzo. Sono state rilevate basse quantità di polline di cereali nei campioni più profondi e piante sinantropiche spontanee come il fiordaliso (*Centaurea*), il convolvolo (*Convolvulus*), la lappola (*Orlaya*), l'artemisia (*Artemisia*), normalmente presenti al margine dei campi coltivati o abbandonati. Analogamente sono state osservate la piantaggine (*Plantago*, indicatrice di calpestio), e l'ortica (*Urtica*, indicatrice di ambienti ruderali). Pratiche di pastorizia sono attestate da vari taxa indicatori di pascolo, tra cui anche piante utilizzate come foraggio, come i trifogli (*Trifolium*), l'erba medica (*Medicago*) e altre fabacee.

Discussione

Per facilitare la discussione dei risultati sono state identificate tre zone polliniche (Zona 1, Zona 2, Zona 3, dalla più antica).

Zona 1. (Bronzo Recente) La ricostruzione del paesaggio porta a descrivere una vegetazione aperta con estese aree non forestate, ma coperte da Poaceae, Cichorieae e, nelle zone più umide, Cyperaceae. I valori di copertura forestale confermano la tendenza alla diminuzione della copertura boschiva che si osserva nella sequenza del Bronzo Medio e Recente, e che vede i valori minimi di forestazione durante l'ultimo periodo di vita del villaggio di Santa Rosa. Una delle principali cause di questa intensa deforestazione sembra essere legata ad una crescita demografica che ha come conseguenza un'alta richiesta di legname per costruire capanne, oltre alla necessità di estensione dei campi per la produzione di cibo (Cremaschi et al. 2006). Piante legnose utili per il frutto edule sono nocciolo (*Corylus*), pruno (*Prunus*) e vite (*Vitis*), mentre castagno (*Castanea*) e noce (*Juglans*) sono presenti solo in tracce. Tra gli indicatori antropogenici (Mercuri et al. 2013) è particolarmente significativo il rinvenimento di granuli di polline di cereali del gruppo *Avena/Triticum*, *Panicum* e gruppo *Hordeum*. Il valore percentuale medio qui osservato (2%) è indicativo di campi coltivati a grano, soprattutto nella fase iniziale della sequenza dove molto probabilmente la cerealicoltura rappresenta ancora l'attività economica principale. Pratiche di pastorizia sono attestate da indicatori di pascolo. A Santa Rosa di Poviglio la coltivazione dei cereali continua durante la fase più tardiva del Bronzo Recente, ma forse l'intenso sfruttamento del suolo determina un suo impoverimento che può essere stato contrastato con inserimento del pascolo in avvicendamento.

Zona 2. (periodo di transizione età del ferro/Romano) Come nella zona precedente si evidenzia una vegetazione aperta, ma si assiste ad un aumento della copertura boschiva con diminuzione delle erbacee come Poaceae, Cichorieae e, in misura minore, delle Cyperaceae. La copertura forestale aumenta soprattutto per l'aumento del querceto e del bosco igrofilo. La presenza di canapa (*Cannabis*) è di grande importanza come indicatore pollinico d'impatto antropico sulla vegetazione, e la sua diffusione nella penisola italiana è registrata soprattutto da ca. 3000 anni BP insieme a *Castanea*, *Juglans* e *Olea* (Mercuri et al. 2002). I cereali subiscono un decremento e si osserva la loro completa sparizione, mentre si nota un aumento delle aree a pascolo nell'area rispetto alla zona precedente.

Zona 3. (post-Romano/Rinascimento) Osservando l'andamento del bosco e delle piante erbacee si può presumere che dopo una fase di aumento della copertura forestale sia avvenuto un forte disboscamento, creando un paesaggio aperto con pochissime aree boschive. Data la natura di deposito alluvionale di questa sottozona, si può pensare che le alluvioni abbiano contribuito a questo forte calo della copertura arborea creando un ambiente instabile. Successivamente si registra un aumento del bosco, sia del querceto che del bosco igrofilo, accompagnata da un aumento delle igro-idrofite erbacee. Fanno di nuovo comparsa nei campioni la vite e il nocciolo presenti anche nel Bronzo Recente, oltre alla coltivazione di cereali, che qui appare come una attività meno importante rispetto alla pastorizia nello sfruttamento del territorio. È stata anche evidenziata la coltivazione di canapa fino al periodo post-romano/medievale.

A Poviglio, dopo un periodo florido di sfruttamento del bosco e di coltivazioni di cereali e legumi, una crisi idrica ridusse le risorse locali costringendo la popolazione a modificare l'estensione delle superfici agricole e il rapporto tra pascoli e campi. Durante la fine del villaggio terramaricolo si registra l'abbandono delle coltivazioni di cereali: questo potrebbe suggerire che, a seguito del cambiamento ambientale, la maggior parte della popolazione possa avere abbandonato il villaggio e sia migrata forse verso aree maggiormente adatte a sostenere l'agrosistema del tipo messo a punto e stabilito nel villaggio terramaricolo. Il permanere di segni di sfruttamento del territorio, con la modificazione in aree per il pascolo e la coltivazione della canapa, potrebbero indicare invece l'adozione di sistemi diversi di sfruttamento del territorio nelle fasi cronologiche successive, pratiche agricole diverse che hanno permesso di convertire l'uso e utilizzare al meglio le nuove condizioni e potenzialità del territorio padano.

Letteratura citata

- Cremaschi M, Mercuri AM, Torri P, Florenzano A, Pizzi C, Marchesini M, Zerboni A (2016) Climate change versus land management in the Po Plain (Northern Italy) during the Bronze Age: New insights from the VP/VG sequence of the Terramara Santa Rosa di Poviglio. *Quaternary Science Reviews* 136: 153-172.
- Cremaschi M, Pizzi C, Valsecchi V (2006) Water management and land use in the terramare and a possible climatic co-factor in their abandonment: the case study of the Terramara of Poviglio Santa Rosa (Northern Italy). *Quaternary International* 151(1): 87-98.
- Mercuri AM, Accorsi CA, Bandini Mazzanti M (2002) The long history of *Cannabis* and its cultivation by the Romans in central Italy, shown by pollen records from Lago Albano and Lago di Nemi. *Vegetation History and Archaeobotany* 11: 263-276.
- Mercuri AM, Bandini Mazzanti M, Florenzano A, Montecchi MC, Rattighieri E, Torri P (2013) Anthropogenic Pollen Indicators (API) from archaeological sites as local evidence of human-induced environments in the Italian peninsula. *Annali di Botanica* 3: 143-153.

Candidato: Elisa Furia

Relatore: Anna Maria Mercuri

Correlatore: Paola Torri

Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 287, 41125 Modena

Anno di discussione: 2017

La Vasca Votiva Inferiore di Noceto: un ambiente lenticale artificiale costruito e influenzato dall'Uomo dell'Età del Bronzo

E. Clò

Introduzione

L'eccezionale ritrovamento della Vasca di Noceto si colloca nel contesto della Civiltà delle Terramare (Età del Bronzo, Pianura Padana). La Vasca, un parallelepipedo di 12×7 metri (Cremaschi, Ferrari 2009), è rimasta sommersa grazie all'apporto di acqua piovana. La conseguente condizione di anossia ha garantito un'eccellente

conservazione delle strutture e della sostanza organica, rendendo il sito un ricco archivio di dati biologici e archeologici. La Vasca, studiata in questa tesi dal punto di vista palinologico, rientra nel Progetto “SUCCESSO-TERRA–Società Umane, Cambiamenti Climatico-ambientali e Sfruttamento/Sostenibilità delle risorse durante l’Olocene medio in Pianura Padana. Il caso delle Terramare” (coord. Prof. Andrea Zerboni, former Mauro Cremaschi, Università di Milano Statale).

Materiali e Metodi

Una vasca lignea dell’Età del Bronzo è stata portata alla luce casualmente nella primavera del 2004 nel corso di lavori edili nella zona sud di Noceto, in provincia di Parma. In seguito allo smontaggio della Vasca, completato a febbraio 2007, è stata portata alla luce un’ulteriore struttura lignea, posta al di sotto della Vasca Superiore, denominata Vasca Inferiore. Gli studi archeologici ne hanno ipotizzato uno scopo votivo (Bernabò Brea, Cremaschi 2009).

Nella campagna di scavo del 2015, sono stati raccolti 22 campioni pollinici attraverso due campionamenti verticali in trincea nell’angolo a Nord-Est per mezzo di siringhe. Tutti i campioni sono stati sottoposti all’estrazione e alla concentrazione dei palinomorfi dopo l’eliminazione della parte organica e minerale del sedimento, seguendo il metodo in uso nel Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica di Modena, messo a punto dall’Istituto di Scienze della Terra dell’Università di Vrije (Florenzano et al. 2012). L’analisi palinologica è stata eseguita con microscopio ottico a ingrandimento 1000×, basando l’identificazione del polline su atlanti, chiavi polliniche e sulla Palinoteca di Modena.

Risultati

Lo studio condotto ha consentito di verificare che 16 dei 22 campionati esaminati sono risultati polliniferi. La concentrazione pollinica è risultata discreta (mediamente circa 23.000 p/g) e l’ottimo stato di conservazione del polline ha permesso di ottenere una lista floristica comprendente più di 200 taxa pollinici. Negli spettri la percentuale relativa alle piante legnose è risultata sempre modesta (mediamente 30%). Fra queste, la presenza di polline di *Quercus* decidue (6%) è costante assieme ad altre componenti del querceto misto e varie entità arbustive. Interessante la costante presenza di *Corylus* che ha valori medi intorno al 5%. È stata evidenziata una certa diversità di piante idro-igrofile (16 taxa pollinici) caratterizzata da alberi igrofilo (in prevalenza *Salix* ed *Alnus*, mentre *Populus* è risultato presente solo in pochi livelli), limno-telmatofite (rappresentate per lo più da *Cyperaceae*, *Phragmites*, *Typha/Sparganium emersum* tipo) e idrofite (tra le quali *Potamogeton*, *Nymphaea alba* tipo e *Nuphar*). È stata rilevata una copertura di erbacee all’interno degli spettri mediamente del 70%, mentre le Poaceae spontanee sono risultate dominanti assieme ad altri tipi pollinici indicativi di ambienti prativi. I granuli pollinici appartenenti al gruppo API (Anthropogenic Pollen Indicators) più frequenti nei siti del Mediterraneo; Mercuri et al. 2013) e altre piante ruderali, nitrofile e indicatrici di calpestio, raggiungono in media il 20%. Tra questi, i cereali (gruppo *Avena/Triticum*, gruppo *Hordeum*, *Panicum*, *Secale*) hanno evidenziato il 5% negli spettri (è di particolare interesse il ritrovamento di un ammasso di polline di *Hordeum*). La peculiarità di questo deposito, che supporta l’ipotesi geoarcheologica dell’utilizzo di questa struttura per pratiche votive, è la presenza di un numero elevato di tipi pollinici di piante entomofile a limitata diffusibilità pollinica, provviste di fiori vistosi, profumati e talvolta con principi medicinali (come *Tilia*, *Rosa*, *Sambucus nigra* tipo, *Veronica*, *Primula*, *Cyclamen* e *Filipendula*; di quest’ultimo taxa pollinico è stato inoltre osservato un ammasso di polline). Sono stati osservati, inoltre, resti di frutti (brachisclereidi) di sorbo e pero tra i palinomorfi non pollinici (NPPs). Altri NPP osservati includono resti di funghi ascomiceti, in particolare spore di *Sordaria* tipo e *Sporormiella* tipo, e resti di cianobatteri del tipo *Rivularia*.

Discussione

L’ottimo stato di conservazione dei granuli pollinici ha reso possibile eseguire una dettagliata ricostruzione dell’ambiente nel quale la Vasca era inserita, caratterizzato da una scarsa copertura arborea costituita probabilmente da siepi e arbusti sparsi con la presenza del querceto misto distante dal sito. L’ambiente umido, suggerito dall’evidenza archeologica, è confermato dai dati palinologici che però aggiungono il dato di una continua e accurata pulizia dei margini e dell’interno della Vasca. Considerando la speciale destinazione della struttura, è probabile che la vegetazione riparia fosse diradata e che le entità natanti e radicate al suo interno fossero estirpate; solo piante con un importante valore estetico o simbolico dovevano essere mantenute. L’acqua era caratterizzata da uno stato eutrofico, in accordo con la condizione di bacino chiuso, incrementato probabilmente dalle offerte rituali vegetali che si decomponivano all’interno della Vasca. La ricchezza di entità entomofile presenti in tutti i campioni può infatti indicare la deposizione intenzionale di fiori all’interno della Vasca durante i rituali in qualità di offerte votive, come peraltro suggerito dal ritrovamento di ammassi di polline. La componente delle antropofile è dominata da specie indicatrici di calpestio e di nitrofilia (come *Plantago*, *Verbena officinalis*, *Polygonum aviculare* tipo), ed è indice della frequentazione da parte dell’uomo e degli animali, suggerita anche dalla presenza di grandi quantità di spore di funghi coprofilo e da alcune uova di parassiti

intestinali. In prossimità della Vasca erano presenti colture cerealicole (anche se una parte dei relativi granuli pollinici potrebbe correlarsi alla possibile deposizione nella Vasca di intere spighe: ipotesi supportata sia dal ritrovamento dell'ammasso di polline di *Hordeum*, sia dai reperti carpologici di parti di spighe e spiglette; Prosepio 2017). È stata documentata anche la presenza di alcuni fruttiferi, sebbene la loro effettiva coltura non sia certa. Questa ricerca ha consentito di investigare il rapporto tra azione antropica e un ambiente acquatico artificiale, con dati botanici inediti che aprono una finestra di conoscenza unica grazie ad una analisi palinologica dettagliata e ad un contesto archeologico caratterizzato da condizioni di conservazione ottimali. La Vasca Votiva di Noceto è un esempio di azione antropica sull'ambiente che risale all'Età del Bronzo. Tale conoscenza del passato offre un grande contributo allo sviluppo di una gestione consapevole ed efficiente dell'ambiente per giungere a un equilibrio tra conservazione e sfruttamento delle risorse.

Letteratura citata

- Bernabò Brea M, Cremaschi M (2009) *Acqua e civiltà nelle Terramare. La vasca votiva di Noceto*. Skira, Milano. 264 pp.
- Cremaschi M, Ferrari P (2009) *Struttura e tecniche di costruzione della vasca*. In: Bernabò Brea M, Cremaschi M (Eds.) *Acqua e civiltà nelle Terramare. La vasca votiva di Noceto*. Skira, Milano.
- Florenzano A, Mercuri AM, Pederzoli A, Torri P, Bosi G, Olmi L, Rinaldi R, Mazzanti M (2012) The significance of intestinal parasite remains in pollen samples from Mediaeval pits in the Piazza Garibaldi of Parma, Emilia-Romagna, Northern Italy. *Geoarchaeology* 27(1): 34-47.
- Mercuri AM, Mazzanti M, Florenzano A, Montecchi MC, Rattighieri E, Torri P (2013) Anthropogenic Pollen Indicators (API) from archaeological sites as local evidence of human-induced environments in the Italian peninsula. *Annali di Botanica* 3: 143-153.
- Prosepio B (2017) *Analisi carpologiche dalla Vasca di Noceto (Parma – Bronzo Medio): informazioni su possibili offerte votive e aspetti ecologici*. Tesi di Laurea Magistrale Interateneo Ferrara-Modena.

Candidato: Eleonora Clò

Relatore: Anna Maria Mercuri

Correlatore: Marta Mazzanti

Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 287, 41125 Modena

Anno di discussione: 2017

Agrosistema e sviluppo sostenibile: il polline come indicatore di attività antropiche da carotaggi off-site

F. Ravarotto

Introduzione

Come noto ambiente e uomo si influenzano reciprocamente: il paesaggio culturale si modifica in risposta al cambiamento climatico e lo sviluppo delle società influisce sul clima e modifica gli ecosistemi. Questo lavoro di tesi, collocato nell'ambito del progetto SUCCESSO-TERRA (coord. Prof. Mauro Cremaschi, Università di Milano Statale), si prefigge di indagare, attraverso una prospettiva interdisciplinare, il declino improvviso della civiltà delle Terramare (Pianura Padana, 1550-1170 a.C.) causato dal sovra-sfruttamento delle risorse e dalla contestuale crisi idrica e climatica: aspetti estremamente attuali, utili allo sviluppo di modelli e politiche di gestione sostenibile.

Materiali e Metodi

Nel corso della trentacinquesima campagna di scavo nella Terramara S. Rosa di Poviglio (RE) svoltasi nell'estate del 2018, tre perforazioni a carotaggio continuo sono state eseguite a diverse distanze dal sito archeologico con lo scopo di raccogliere dati palinologici relativi all'Olocene. L'analisi stratigrafica, eseguita su ogni carotaggio, ha consentito di ottenere datazioni radiocarboniche preliminari. Nel carotaggio più vicino al sito archeologico sono stati rinvenuti frammenti ceramici risalenti al Bronzo Medio alla profondità di 110-130cm dal piano di campagna (Cremaschi et al. 2018). Il campionamento pollinico è stato eseguito su ogni carotaggio per mezzo di siringhe escludendo lo strato più superficiale di arativo. Per questa tesi sono stati analizzati 10 campioni relativi ai livelli più recenti dei tre carotaggi, per un totale di 30 campioni. L'estrazione del polline è stata effettuata nel Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica dell'Università di Modena e Reggio Emilia, utilizzando il metodo messo a punto dall'Istituto di Scienze della Terra dell'Università di Vrije, con leggere modifiche, che permette di

concentrare i palinomorfi eliminando la componente inorganica e organica del sedimento (Florenzano et al. 2012). L'analisi è stata eseguita con microscopio ottico e ad ingrandimento 1000× utilizzando atlanti, chiavi polliniche e la Palinoteca del Laboratorio di Modena per l'identificazione morfologica. I dati pollinici ottenuti sono stati quindi elaborati statisticamente usando il programma XLStat con il quale è stata ottenuta la Principal Component Analysis (PCA).

Risultati

Tutti i 30 campioni analizzati sono risultati polliniferi. La concentrazione media è risultata discreta (circa 29.000 p/g) e il polline ha mostrato uno stato di conservazione variabile. Negli spettri il rapporto tra le percentuali delle arboree e delle erbacee (mediamente circa 40/60) ha evidenziato la prevalenza di quest'ultime, sebbene la copertura boschiva sia soggetta a fluttuazioni e talvolta si avvicina alla percentuale delle erbacee. La componente arborea tende ad aumentare allontanandosi dal sito ed è risultata composta dal querceto misto, rappresentato in particolare da *Quercus decidue*, e dal bosco igrofilo costituito da *Alnus* e *Salix*. Sono state rilevate, inoltre, alcune entità arboree potenzialmente mantenute/curate dall'uomo per il frutto edule, quali *Corylus*, *Prunus* e *Pyrus*. Poaceae spontanee, Cyperaceae e Cichorieae rappresentano le erbacee dominanti. Tra queste le Cyperaceae sono risultate presenti con percentuali maggiori nel carotaggio a media distanza, mentre le Poaceae sono risultate più abbondanti nell'area più lontana dal sito archeologico. Gli ambienti umidi sono rappresentati da alberi igrofili accompagnati da valori elevati di igrofite erbacee e da alcune piante acquatiche (*Lemna*, *Nymphaea alba* tipo, *Hydrocharis*, *Butomus*, *Nuphar*, *Potamogeton* e *Polygonum amphibium* tipo). Gli indicatori antropogenici (API; Mercuri et al. 2013), presenti in tutti i campioni, hanno mostrato una sostanziale diminuzione a distanze maggiori dal sito archeologico (rispettivamente 25%, 10% e 7%). Tra questi, i cereali, rappresentati dal gruppo *Hordeum* e dal gruppo *Avena/Triticum*, sono risultati più abbondanti nel carotaggio a media distanza dal sito. Sono inoltre sempre presenti Cichorieae (piante selezionate negativamente dagli animali e quindi considerate buone indicatrici di pastorizia), *Artemisia*, *Plantago* (indice di calpestio), *Urtica* (indice di ambienti ruderali), *Centaurea* e *Trifolium*, accompagnate da altre sinantropiche (Behre 1986, Cremaschi et al. 2016, Pignatti 1982) quali Chenopodiaceae, *Convolvulus* e *Rumex*. Per l'elaborazione statistica sono stati considerati tutti i campioni analizzati e 52 taxa pollinici (sono stati esclusi i taxa pollinici con percentuali inferiori allo 0,5%). I campioni non sono risultati distribuiti in modo omogeneo, ma si concentrano principalmente nei quadranti II e III, dove è risultato posizionano anche la maggior parte dei taxa pollinici di ambienti umidi (come *Typha/Sparganium*, *Salix* e *Thalictrum*) ed i cereali.

Discussione

L'analisi palinologica dei livelli più recenti dei tre carotaggi prelevati a Nord della Terramara S. Rosa di Poviglio ha consentito di ottenere informazioni utili alla ricostruzione del paesaggio dell'area circostante durante le fasi dell'insediamento terramaricolo e nelle fasi successive. I dati emersi presentano affinità nella lista floristica, ma evidenziano alcune differenze relative alla differente tipologia ed entità di influenza antropica nei diversi punti di campionamento. I risultati di questa tesi hanno confermato i dati già noti sul cambiamento ambientale di quest'area nel Bronzo Medio e Recente. Al contempo i dati ottenuti indicano che l'influenza delle attività antropiche diminuisce con l'allontanarsi dall'insediamento, dimostrato dalla più alta presenza di indicatori antropogenici nel carotaggio più vicino al sito. L'ambiente era per lo più composto da aree aperte, coltivazioni di cereali e aree destinate al pascolo, con boschi (costituiti da querceto misto e bosco igrofilo) che facevano da sfondo all'area dell'insediamento. Gli elementi del querceto misto (*Quercus*, *Acer*, *Carpinus betulus* e *Corylus*), che tuttavia si mantengono contenuti, mostrano che il bosco non era molto esteso. Le estese aree umide erano caratterizzate, assieme agli alberi del bosco igrofilo, soprattutto dalla presenza di igrofite erbacee, in particolare Cyperaceae. I segni delle attività antropiche sono indicati in particolare dal polline di cereali e da quello delle Cichorieae, la cui combinazione suggerisce la presenza di pascoli alternati a campi coltivati. Tuttavia, pur se deboli, si continuano a trovare segni di presenza di attività umane e utilizzo del territorio nelle fasi successive al periodo del Bronzo che potrebbero essere indicatrici dell'adozione di pratiche agricole diverse in fasi storiche. L'assenza di una chiara distribuzione delle variabili nella PCA evidenzia un utilizzo del suolo non uniforme. Probabilmente la cronologia non è la stessa per le tre carote, in quanto ciascuna di esse presenta una risoluzione ed una espansione temporale diversa. Successivamente alla fase di sviluppo e mantenimento del sistema agricolo operata dalla civiltà terramaricola, durante la fase di abbandono di quest'area e nei periodi successivi non pare essere più presente una gestione del territorio sistematica come quella registrata durante l'età del Bronzo. I dati emersi sono quindi utili a definire la relazione tra ambiente ed attività umane e sottolineano lo stretto condizionamento reciproco tra questi due sistemi.

Letteratura citata

Behre K-E (1986) Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams. A.A. Balkema, Rotterdam. 232 pp.
Cremaschi M, Brandolini F, Mariani GS (2018) Poviglio S. Rosa Campagna di Scavo 2018. Tra Villaggio Piccolo e Villaggio

- Grande. Relazione preliminare. Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio", Milano.
- Crevaschi M, Mercuri AM, Torri P, Florenzano A, Pizzi C, Marchesini M, Zerboni A (2016) Climate change versus land management in the Po Plain (Northern Italy) during the Bronze Age: New insights from the VP/VG sequence of the Terramara Santa Rosa di Poviglio. *Quaternary Science Reviews* 136: 153-172.
- Florenzano A, Mercuri AM, Pederzoli A, Torri P, Bosi G, Olmi L, Rinaldi R, Mazzanti M (2012) The significance of intestinal parasite remains in pollen samples from Mediaeval pits in the Piazza Garibaldi of Parma, Emilia-Romagna, Northern Italy. *Geoarchaeology* 27(1): 34-47.
- Mercuri AM, Mazzanti M, Florenzano A, Montecchi MC, Rattighieri E, Torri P (2013) Anthropogenic Pollen Indicators (API) from archaeological sites as local evidence of human-induced environments in the Italian peninsula. *Annali di Botanica* 3: 143-153.
- Pignatti S (1982) *Flora d'Italia* 1-3. Edagricole, Bologna. 790 pp. vol. 1, 732 pp. vol. 2, 780 pp. vol. 3.

Candidato: Federico Ravarotto

Relatore: Anna Maria Mercuri

Correlatore: Eleonora Clò

Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 287, 41125 Modena

Anno di discussione: 2019

Stress ambientale e polline multiporato di Poaceae: prima evidenza archeobotanica da coproliti del Sahara centrale

M. Boscaini

Introduzione

La presente tesi si occupa di un'anomalia nella morfologia pollinica attesa, scoperta durante lo studio di campioni palinologici provenienti dal sito archeologico di Takarkori, un riparo sotto roccia localizzato in Libia sud occidentale. La campagna di scavo, ad opera della Missione Archeologica Italo-Libica in Acacus e Messak diretta dal Prof. Savino di Lernia (Università La Sapienza di Roma) si è svolta dal 2003 al 2006. Il polline è stato estratto da coproliti di ovicaprini, nei quali è stato rinvenuto polline di Poaceae multiporato, registrato per la prima volta in quest'area in ambito archeobotanico. I granuli pollinici di Poaceae possono differire tra loro per forma, dimensione, struttura e ornamentazione dell'esina, ma comunemente possiedono un poro unico (monoporati) che interrompe l'esina. Questo ritrovamento ha consentito di formulare ipotesi sui possibili stress ambientali che hanno portato a tale fenomeno e ottenere informazioni più dettagliate sulla dieta degli animali presenti nel sito archeologico.

Materiali e Metodi

I campioni pollinici presentati si riferiscono a coproliti portati alla luce durante campagne di scavo archeologico. Un volume noto di sedimento è stato sottoposto a setacciatura a secco direttamente in campo attraverso l'uso di tre setacci a maglie decrescenti (10, 2 e 0,5 mm). Successivamente, tramite osservazione allo stereo microscopio, dai campioni sono stati estratti i coproliti (sub-campioni). Nella presente tesi sono stati analizzati 40 coproliti provenienti da quattro campioni localizzati in due settori dello scavo archeologico. Ogni coprolite è stato fotografato e quantificati spessore, lunghezza, larghezza e peso. I differenti coproliti sono stati trattati utilizzando il metodo in uso nel Laboratorio di Palinologia e Paleobotanica dell'Università di Modena (Florenzano et al. 2012). I preparati ottenuti sono stati utilizzati per allestire vetrini fissi. L'analisi morfologica dei granuli pollinici è stata condotta attraverso l'osservazione al microscopio ottico a 1000× ingrandimenti e con l'ausilio di testi, chiavi e atlanti fotografici e della collezione di confronto del laboratorio (Palinoteca di Modena). Sono stati osservati anche fitoliti, spore fungine, strutture anatomiche vegetali e palinomorfi non pollinici (NPP) rinvenuti dopo il trattamento pollinico.

Risultati

Il polline è risultato quasi ubiquitario nei campioni esaminati, mancando solo in due sub-campioni. Complessivamente sono stati identificati 23 taxa, le famiglie più frequentemente identificate sono state:

- Poaceae, presenti con una media del 60% (valore massimo 72,8%);
- Typhaceae, in un solo campione 33,3%, ma rare o assenti negli altri campioni;
- Cyperaceae, tra 6 e 15% nei quattro campioni;

- Asteraceae, tra 1 e 12% nei quattro campioni.

I granuli pollinici rilevati sono stati valutati in buono stato di conservazione. Questi in alcuni casi erano trasparenti, carattere indicativo del loro passaggio attraverso l'apparato digerente degli animali, o raggruppati in aggregati di polline dello stesso tipo. In alcuni campioni sono stati trovati granuli con anomalie nel numero di pori di germinazione; in particolare in tre campioni sono stati osservati Poaceae con due o tre pori. Inoltre, sono stati osservati in media 469.465 fitoliti/g. La forma più comune rinvenuta, all'interno dei 40 campioni analizzati, è stata quella delle Panicoideae a forma Bilobata, alla quale segue la forma Regular Complex Dumbell. Gli NNP maggiormente individuati sono stati spore fungine (11.605 funghi/g). Per alcune spore è stato possibile giungere a un'identificazione morfologica e pertanto è stato possibile attribuire un significato ecologico (es. spore di funghi coprofili). Per altre spore fungine, invece, i caratteri morfologici non sono stati sufficienti per ottenerne l'identificazione e l'attribuzione ecologica. Altre strutture osservate erano appartenenti a piante (es. parti di tessuti vegetali, vasi conduttori, stomi di monocotiledoni), insetti (peli, frammenti di tegumento) e probabilmente uova di tardigradi.

Discussione

Studi pollinici precedenti (Cremaschi et al. 2014) hanno mostrato che la lista floristica del sito di Takarkori si compone di 92 taxa. La famiglia dominante è quella delle Poaceae (63%); questo dato è ampiamente confermato dai risultati ottenuti in questa tesi. Dopo le Poaceae figurano le Asteraceae (11%), le Cyperaceae (4%), le Chenopodiaceae (3%) e le Brassicaceae (1%). Ne emerge un quadro di paesaggio aperto, con una copertura determinata da poche specie erbacee principali. Tale situazione che ricorda, ad esempio, gli spettri pollinici dalle savane saheliiane, con una vegetazione erbacea abbondante e disponibile per l'alimentazione degli erbivori. Gli spettri pollinici ottenuti dai coproliti del sito di Takarkori mostrano una ricchezza floristica significativa, seppur limitata, anche se la visione del territorio e della sua disponibilità di habitat è solo parziale rispetto alla complessità dell'area centro-sahariana oggetto di studio (Mercuri 2008 a, b). Il dato ottenuto dai coproliti è significativo per diverse ragioni:

- i coproliti registrano eventi limitati nel tempo, relativi al consumo di cibo da parte degli erbivori, e forniscono pertanto indicazioni puntiformi sullo spazio e sul tempo (una stagione); è dunque necessario leggerli nell'insieme per ottenere interpretazioni paleoambientali;

- la flora e la vegetazione sahariana di oggi sono caratterizzate da una scarsa abbondanza in termini di diversità e copertura. I dati pollinici mostrano che la copertura vegetale nell'Olocene Iniziale e Medio (tra circa 10.000 e 4.000 anni BP) era continua, per lo più savana, quindi con una prevalenza di poche specie di Poaceae e Cyperaceae, che spesso non sono discriminabili pollinicamente. Numerose ricerche hanno mostrato che la flora sahariana di 10.000 - 5.000 anni BP era più ricca rispetto alla flora attuale (Wasylikowa 1993, Mercuri, Garcea 2007, Mercuri 2008b).

Nei campioni esaminati e discussi in questa tesi, la presenza di polline "anomalo" multiporato è stato registrato in prossimità delle fasi di cambiamento climatico (Clarke et al. 2016). La ricerca condotta ha permesso di ipotizzare che le Poaceae con polline multiporato siano andate incontro a poliploidia come forma di adattamento ambientale. Questo potrebbe essersi reso necessario nel corso di una trasformazione, che potrebbe aver visto clima, piante e uomo coinvolti in processi di co-evoluzione. Data la probabile relazione tra polline multiporato e stress (climatico o antropico), è importante sottolineare che i nostri campioni sono relativi a fasi cronologiche per le quali erano presenti sia cambiamenti climatici, sia disturbi antropici come raccolta e frequentazione dei luoghi da parte dell'uomo. Il polline multiporato delle Poaceae è stato probabilmente prodotto da piante con un elevato grado di adattabilità alle differenti condizioni ambientali (plasticità fenotipica) e quindi naturalmente più abili nel mettere in atto processi per superare momenti di stress climatico.

Letteratura citata

- Clarke J, Brooks N, Banning EB, Bar-Matthews M, Campbell S, Clare L, Cremaschi M, di Lernia S, Drake N, Gallinaro M, Manning S (2016) Climatic changes and social transformations in the Near East and North Africa during the 'long' 4th millennium BC: A comparative study of environmental and archaeological evidence. *Quaternary Science Reviews* 136: 96-121.
- Cremaschi M, Zerboni A, Mercuri A M, Olmi L, Biagetti S, di Lernia S (2014) Takarkori rock shelter (SW Libya): an archive of Holocene climate and environmental changes in the central Sahara. *Quaternary Science Reviews* 101: 36-60. ISSN 0277-3791.
- Florenzano A, Mercuri AM, Pederzoli A, Torri P, Bosi G, Olmi L, Rinaldi R, Mazzanti M (2012) The significance of intestinal parasite remains in pollen samples from Mediaeval pits in the Piazza Garibaldi of Parma, Emilia-Romagna, Northern Italy. *Geoarchaeology* 27(1): 34-47.
- Cremaschi M, Zerboni A, Mercuri AM, Olmi L, Biagetti S di Lernia S (2014) Takarkori rock shelter (SW Libya): an archive of Holocene climate and environmental changes in the central Sahara. *Quaternary Science Reviews* 101: 36-60.
- Mercuri AM (2008a) Plant exploitation and ethnopalynological evidence from the Wadi Teshuinat area (Tadrart Acacus, Libyan Sahara). *Journal of Archaeological Science* 35(6): 1619-1642.
- Mercuri AM (2008b) Human influence, plant landscape evolution and climate inferences from the archaeobotanical records of the Wadi Teshuinat area (Libyan Sahara). *Journal of Arid Environments* 72(10): 1950-1967.

- Mercuri AM, Garcea EAA (2007) The impact of hunter/gatherers on the vegetation in the Central Sahara during the Early Holocene. In: Cappers R (ed) *Fields of Change: Progress in African Archaeobotany*, Barkhuis & Groningen University Library, Groningen.
- Wasylikowa K (1993) Plant macrofossils from the archaeological sites of Uan Muhuggiag and Ti-n-Thora, Southwestern Libya. In: Krzyzaniak L, Kobusiewicz M, Alexander J (eds) *Environmental Change and Human Culture in the Nile Basin and Northern Africa until the 2nd millennium B.C.* Poznan Archaeological Museum, Poznan.

Candidato: Michela Boscaini

Relatore: Anna Maria Mercuri

Correlatore: Rita Fornaciari

Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 287, 41125 Modena

Anno di discussione: 2017

***Citrullus colocynthis* (L.) Schrad: archeobotanica ed etnobotanica di una pianta medicinale**

S. Fortini

Introduzione

La coloquintide (*Citrullus colocynthis* [L.] Schrad.), nota anche come Colocynth (CCT), Handhal, Anhandal e Cetriolo amaro, è una specie erbacea saharo-arabica perenne della famiglia delle Cucurbitaceae. I frutti sono sferici, di colore verde striato o giallo in relazione al grado di maturità. La coloquintide è nota per essere tossica e amara. Contiene un potente alcaloide, α -elaterina, che è una sostanza ad azione purgativa; assieme ad altri costituenti chimici quali glicosidi, flavonoidi, acidi grassi e oli essenziali, curcurbitacine e colocynthosides A e B, questo alcaloide conferisce alla pianta diverse virtù medicinali, se utilizzata in quantità moderate (Al-Snafi 2016). Il presente lavoro di tesi affronta lo studio degli usi di *C. colocynthis* integrando indagini etnobotaniche ed archeobotaniche, queste ultime utili a mostrarne testimonianze di una storia millenaria. La ricerca archeobotanica ha previsto l'isolamento di semi da strati archeologici prelevati dalla Missione Archeologica nel Sahara della Sapienza di Roma, sotto la direzione del Prof. Savino di Lernia (di Lernia et al. 2006, Mercuri et al. 2018).

Materiali e Metodi

La ricerca archeobotanica ha previsto l'isolamento di semi di coloquintide da strati archeologici. Sono stati individuati 15 campioni, costituiti da residui di setacciatura di tre diverse maglie: 10,0 mm, 0,5 mm (idonei a trattenere i semi di Cucurbitaceae interi) e 0,2 mm. Successivamente, mediante l'osservazione allo stereomicroscopio (ingrandimenti da 25× a 50×) dei campioni scelti, sono stati identificati e quantificati i semi di Cucurbitaceae.

La ricerca etnobotanica è partita da una raccolta bibliografica basata su articoli scientifici e libri, e sulla visione di video, per lo più in lingua araba, presenti in rete. A questo aspetto, è seguita un'indagine di campo condotta nel territorio desertico della Giordania, comparabile come habitat per la crescita della pianta ma più facilmente raggiungibile, dove sono state effettuate interviste guidate e raccolta di materiali inerenti la coloquintide. L'itinerario di viaggio, condotto tra il 15 e il 26 luglio 2019, ha previsto tappe in aree desertiche dove cresce la coloquintide. Prima della partenza è stato preparato un questionario in lingua inglese, accompagnato da una tavola fotografica mostrante la pianta, da somministrare agli intervistati con l'aiuto di un interprete.

Risultati

Le osservazioni allo stereomicroscopio dei 15 campioni archeobotanici hanno consentito di isolare e identificare semi di Cucurbitaceae in 5 campioni. In generale i semi hanno mostrato un ottimo stato di conservazione, sebbene molti siano stati rinvenuti in frammenti che non ne hanno consentito un'identificazione a livello di specie. I caratteri morfologici dei semi interi (dimensioni, forma e alette del becco), suggeriscono la possibilità che possa trattarsi di sole due specie, *Citrullus colocynthis* e *C. lanatus* (Wasylikowa, van der Veen 2004); inoltre alcuni semi presentano caratteristiche intermedia tra le due specie.

I dati etnobotanici inerenti la coloquintide sono documentati in numerose pubblicazioni scientifiche e spesso

oggetto di filmati. La ricerca etnobotanica in campo, condotta in Giordania, ha permesso di eseguire osservazioni e interviste su pratiche di uso della coloquintide attuali. L'aiuto di una guida locale, Yousef, è stato indispensabile per la visita dei luoghi in cui la pianta cresce spontanea, dove sono stati raccolti frutti freschi per il confronto dei semi e per l'interpretazione e mediazione con giordani e beduini. Sono state realizzate 10 interviste: beduini abitanti nel deserto Wadi Rum, commercianti di strada dei tipici Suq, residenti giordani, commercianti di città, oltre ad un ragazzo giordano, al titolare di un hotel, al gestore di un ristoro/bar lungo la strada desertica lontano dai centri abitati, alla guida Yousef stessa e alla sua famiglia. Durante il viaggio in Giordania è stato possibile acquistare prodotti a base di *C. colocynthis*: frutti secchi, una crema e un olio ricavati da estratti di semi.

Discussione

Indagini archeobotaniche. Nei campioni archeologici di Takarkori, la presenza di semi di Cucurbitaceae non è ubiquitaria e questo suggerisce che tali piante non dovevano essere molto diffuse in passato. Le analisi microscopiche hanno restituito semi di Cucurbitaceae da 5 campioni, appartenenti con grande probabilità a due specie che devono essere state selezionate, raccolte e trasportate al sito. Questo trasporto documenta la conoscenza e l'interesse per l'uso di queste piante sin dalle sue fasi più antiche, relative a società prepastorali (Late Acacus). Il ritrovamento di reperti sicuramente attribuibili a *C. lanatus*, specie selvatica progenitrice di quella domestica, rappresenta un documento che porta ad almeno 5000 anni fa la presenza nella regione dell'uso del frutto, poi coltivato in Egitto anche nelle sue forme domestiche. I reperti rinvenuti a Takarkori, pur nella incertezza delle datazioni archeologiche, arretrano questa cronologia di almeno un paio di millenni.

Indagini etnobotaniche. Le ricerche etnobotaniche testimoniano un grande interesse per questa pianta, presente nella tradizione popolare di molti popoli e tuttora utilizzata in diverse parti del mondo secondo tradizioni popolari o anche in attività commerciali. Il principale uso della coloquintide è medicinale, per le sue proprietà antinfiammatorie, analgesiche e purganti dovute alle peculiari sostanze presenti nella polpa del frutto (cucurbitacine ed elaterine). Dai semi è possibile inoltre estrarre un olio per usi alimentari di uomo e animali, con assenza di tossicità testata scientificamente (Sawaya et al. 1983). L'uso di *C. colocynthis* come rimedio naturale in condizioni di malessere o patologie è emerso anche dalle dieci interviste guidate effettuate in Giordania. Tutti gli intervistati hanno dimostrato di conoscere *C. colocynthis* come pianta selvatica, riconoscendone le proprietà curative e gli usi come medicinale naturale, di sapere come utilizzarla (anche se non tutti ne fanno uso), di essere a conoscenza degli effetti tossici (ad esempio delle sue capacità lassative se assunta oralmente in dosi elevate). Quanto emerso dalle interviste in Giordania trova riscontro nelle testimonianze video (documentari, filmati amatoriali, ecc.) trovate online, anche se talvolta c'è qualche piccola variazione nelle pratiche di trattamento e utilizzo a seconda dell'area geografica.

I risultati delle indagini archeobotaniche hanno permesso di documentare la presenza e l'uso di questa pianta in un antico passato. L'indagine etnobotanica ha confermato le relazioni millenarie instaurate tra l'uomo e la coloquintide. Le interviste guidate condotte in Giordania tra i beduini delle aree desertiche e i commercianti della città di Amman, indicano che la pianta è tradizionalmente utilizzata al solo scopo medicinale, come rimedio gastro-intestinale, lassativo naturale molto forte, nel trattamento del diabete e come rimedio naturale con efficaci effetti antinfiammatori per dolori muscolari.

Letteratura citata

- Al-Snafi AE (2016) Chemical constituents and pharmacological effects of *Citrullus colocynthis* – A review. IOSR Journal of Pharmacy 6(3): 57-67.
- di Lernia S, Olmi L, Massamba N'siala I, Buldrini F, Mariotti Lippi M, Mercuri AM (2006) Cereali selvatici a Takarkori, sito del Tadrart Acacus – Sahara libico: schede di alcuni macroresti da uno spot dell'Olocene Medio. Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena 137: 411-430.
- Mercuri AM, Fornaciari R, Gallinaro M, Vanin S, di Lernia S (2018) Plant behaviour from human imprints and the cultivation of wild cereals in Holocene Sahara. Nature Plants 4: 71-81.
- Sawaya WN, Dagher NJ, Khan P (1983) Chemical characterization and edibility of the oil extracted from *Citrullus colocynthis* Seeds. Journal of Food Science 48(1): 104-106.
- Wasylikowa K, van der Veen M (2004) An archaeobotanical contribution to the history of watermelon, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai (syn. *C. vulgaris* Schrad.). Vegetation History and Archaeobotany 13: 213-217.

Candidato: Simona Fortini

Relatore: Anna Maria Mercuri

Correlatore: Assunta Florenzano

Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 287, 41125 Modena

Anno di discussione: 2019

La distribuzione del beach litter negli habitat di interesse comunitario in Molise

M. Varricchione

Introduzione

Gli ambienti costieri, ed in particolare quelli dunali, rappresentano sistemi articolati e complessi nei quali, in una stretta fascia di territorio, si ha il rapido passaggio dall'ambiente marino a quello terrestre con il conseguente instaurarsi di forti gradienti ambientali in funzione della distanza dalla linea di costa (Acosta, Ercole 2015). Si tratta di aree sottoposte a forti pressioni antropiche dovute al calpestio, alla presenza di manufatti artificiali, all'invasione di specie aliene, all'erosione da parte del mare ed all'accumulo di rifiuti spiaggiati noti come "beach litter". Quest'ultimo fenomeno è molto diffuso lungo tutte le spiagge del Mediterraneo dove rappresenta una seria minaccia per l'integrità degli ecosistemi dunali con conseguenze economico-ambientali importanti (de Francesco et al. 2018). Questa problematica, tuttavia, finora non è stata sufficientemente studiata e sono ancora poco note le informazioni su composizione, provenienza ed accumulo dei rifiuti spiaggiati ed i relativi effetti sulle componenti biologiche e sulla loro funzionalità ecologica (Munari et al. 2016).

Nel presente lavoro di tesi è stata analizzata la composizione del beach litter e la sua distribuzione negli habitat di interesse comunitario presenti lungo la zonazione dunale della costa molisana.

Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto nei mesi di aprile e maggio 2018 nei siti Natura 2000 della fascia costiera del Molise (Sud Italia): IT7228221 ZSC "Foce Trigno-Marina di Petacciato", IT7222216 ZSC "Foce Biferno-Litorale di Campomarino" e IT7222217 ZSC "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli". Nello specifico sono stati presi in considerazione gli habitat di interesse comunitario 1210, 2110, 2120, 2230, 2250*, 2260 e 2270* (Biondi et al. 2010). Per il campionamento del litter sono stati effettuati 103 rilievi secondo un protocollo metodologico random stratificato, realizzando plots quadrati di 4 m², in numero rappresentativo per ciascun habitat presente. In ciascun rilievo, dopo aver identificato l'habitat di riferimento, sono stati censiti i rifiuti presenti e valutata la loro abbondanza e copertura. Sono stati campionati tutti i rifiuti di dimensione superiore ai 2 cm. Ogni rifiuto è stato poi classificato in categorie di materiale (plastica, polistirolo, misto, vetro, carta ed alluminio) e di origine ("pesca e nautica", "contenitori", "alimentari", "imballaggi" ed "altro"), secondo le linee guida del Protocollo OSPAR (2010). Nella successiva fase di elaborazione dei dati è stata valutata l'abbondanza di rifiuti in ciascun habitat, sia per categorie di materiale, sia per origine. Per le analisi statistiche è stato utilizzato il programma Past Statistic, con l'uso del test univariato di Mann Whitney che ha permesso di mettere in evidenza le differenze significative nell'abbondanza e nella composizione del litter negli habitat considerati.

Risultati

Nei 103 plots rilevati sono stati rinvenuti 1066 rifiuti. La plastica ed il polistirolo sono risultati i materiali più abbondanti (43%), seguiti dal misto (11%), dal vetro (2%), dall'alluminio (1%) e, infine, dalla carta (0,5%). Analizzando il loro accumulo è risultato evidente come la plastica fosse il materiale più diffuso lungo la zonazione dunale, con valori maggiori per l'habitat 1210 e minori per l'habitat 2250*. Anche il polistirolo è stato rilevato in modo abbondante ed uniforme su tutti gli habitat dunali, con valori maggiori nell'avanduna anche se diventa quasi esclusivo nell'habitat 2250*. La categoria del misto è risultata distribuita in piccole quantità ed in modo più o meno uniforme in tutti gli habitat dunali. Il vetro, la carta e l'alluminio, invece, sono stati campionati in quantità trascurabili nei vari habitat. In particolare, il vetro è risultato presente in percentuali inferiori al 3% negli habitat 1210 e 2230, mentre non è stato riscontrato negli altri habitat. Analogamente la carta è stata rinvenuta solo nell'habitat 2230 in piccole quantità (5% del litter totale in questo habitat). Del tutto trascurabile, infine, la presenza dell'alluminio, quasi del tutto assente lungo la zonazione dunale della costa molisana, con un accumulo relativamente maggiore solo nell'habitat 1210 di avanduna. Per quanto riguarda l'origine del litter, i risultati hanno evidenziato una prevalenza di rifiuti appartenenti alla categoria "pesca e nautica" (55%), seguita dalla categoria "altro" (19%) e dalla categoria dei "contenitori" (14%). Le categorie meno rappresentate, invece, sono "alimentari" (6%) ed "imballaggi" (6%). La maggior parte dei rifiuti censiti derivano da attività legate alla pesca professionale e/o dilettantistica ed alla nautica, quali reti da pesca e cassette in polistirolo usate per il trasporto del pescato, le quali, una volta spiaggiate, essendo molto leggere vengono facilmente trasportate dal vento negli habitat retrodunali (2250* e 2260) in cui si accumulano e si frantumano. Molto frequenti anche i frammenti di varia provenienza (categoria "altro"), i quali sono stati rinvenuti in maggior quantità nell'habitat 1210. I "contenitori" sono stati osservati in tutti gli habitat, prevalentemente in quelli di avanduna, mentre erano del tutto assenti nell'habitat 2250*. Anche i rifiuti legati al consumo alimentare sono stati rinvenuti prevalentemente nell'avanduna ed in piccolissime percentuali negli altri habitat. L'habitat 1210 di avanduna, infine, è risultato essere quello più esposto al deposito degli imballaggi, i quali solo sporadicamente sono stati rilevati negli altri habitat.

Discussione

Da tale studio è emerso che gli ecosistemi dunali del Molise sono sottoposti ad un notevole accumulo di rifiuti portati principalmente dal mare. Tra tutti gli ambienti indagati, l'habitat 1210 (Vegetazione annua delle linee di deposito marine, avanduna) è risultato essere quello con la maggior presenza di rifiuti, probabilmente perché è l'habitat investito dalla maggiore pressione antropica e, soprattutto, perché è il luogo in cui il mare deposita i rifiuti. Tali materiali, quando pesanti e poco mobili, vengono intrappolati nella sabbia e nel materiale organico presente e spesso intercettati dalla vegetazione delle prime dune. Dati preoccupanti sono emersi dall'habitat 2250* (Dune costiere con *Juniperus* spp.), ambiente considerato tra i più importanti lungo la costa, perché costituito da una tipologia di macchia a ginepri divenuta rara nell'area mediterranea a causa dello sfruttamento dei litorali a fini turistici o abitativi. Le cenosi ascrivibili a tale habitat, infatti, sono sempre più rare lungo la costa adriatica che proprio nel tratto molisano presentano il limite settentrionale del loro areale (Stanisci et al. 2014, de Francesco et al. 2018). È questo, inoltre, l'ambiente preferenziale di molte specie faunistiche di interesse conservazionistico, come *Testudo hermanni* (Berardo et al. 2015). Nonostante la sua importanza, le condizioni di tale habitat risultano abbastanza critiche per la grande abbondanza di accumulo persistente di elementi in plastica e polistirolo. Tale studio ha evidenziato come l'accumulo del beach litter non sia circoscritto solo nelle aree di avanduna (cioè dove il mare deposita i rifiuti), ma si spinga fino a 200 m dalla linea di costa dove inquinano le aree retrodunali (2250*, 2260 e 2270*).

Per ridurre gli effetti di tale fenomeno sulle cenosi dunali sarebbe opportuno programmare azioni di pulizia manuale periodiche delle spiagge (de Francesco et al. 2019), aumentare e potenziare la raccolta differenziata, prevedere azioni di pulizia anche lungo i fiumi, ridurre l'utilizzo di plastica, di oggetti usa e getta e delle cassette di polistirolo nel settore ittico. Essendo questa una problematica che solo recentemente ha attirato l'attenzione dell'opinione pubblica, ulteriori indagini sono indispensabili per comprendere gli impatti dei rifiuti spiaggiati sugli ecosistemi costieri e per trovare soluzioni adeguate alla risoluzione di questo preoccupante fenomeno.

Letteratura citata

- Acosta ATR, Ercole S (Eds) (2015) Gli habitat delle coste sabbiose italiane: ecologia e problematiche di conservazione. ISPRA, Serie Rapporti, 215/2015, Roma. 101 pp.
- Berardo F, Carranza ML, Frate L, Stanisci A, Loy A (2015) Seasonal habitat preference by the flagship species *Testudo hermanni*: Implications for the conservation of coastal dunes. *Comptes Rendus Biologies* 338(5): 343-350.
- Biondi E. et al. (Eds) (2010) Manuale Italiano di Interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Società Botanica Italiana, Roma. 20 pp.
- de Francesco MC, Carranza ML, Stanisci A (2018) Beach litter in Mediterranean coastal dunes: an insight on the Adriatic coast (central Italy). *Rendiconti Lincei* 29(4): 825-830.
- de Francesco MC, Carranza ML, Varricchione M, Tozzi FP, Stanisci A (2019) Natural protected areas as special sentinels of littering on coastal dune vegetation. *Sustainability* 11(19): 5446.
- Munari C, Corbau C, Simeoni U, Mistri M (2016) Marine litter on Mediterranean shores: analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Waste Management* 49: 483-490.
- OSPAR (2010) Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area OSPAR Commission, London. https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf
- Stanisci A, Acosta ATR, Carranza ML, De Chiro M, Del Vecchio S, Di Martino L, Frattaroli AR, Fusco S, Izzi CF, Pirone G, Prisco I (2014) EU habitats monitoring along the coastal dunes of the LTER sites of Abruzzo and Molise (Italy). *Plant Sociology* 51(1): 51-56.

Candidato: Marco Varricchione

Relatore: Angela Stanisci

Correlatore: Maria Laura Carranza

Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università del Molise, Via Francesco de Sanctis s.n.c, 86100 Campobasso

Anno di discussione: 2018

Iris × *germanica* L. e *Iris pallida* Lam.: una risorsa per l'economia sostenibile dell'alta Val Tramigna

A. Gilioli

Introduzione

Le specie del genere *Iris* sono elementi caratteristici del paesaggio vegetale Mediterraneo; figurano tra le piante medicinali di più antico utilizzo e spesso raffigurate nei testi antichi (Pignatti et al. 2000). In passato *I.* ×

germanica ed *I. pallida* erano coltivate nel comune di Cazzano di Tramigna (Verona) per la produzione dei rizomi i quali venivano utilizzati dall'industria profumiera per l'estrazione del "burro d'Iris" e anche per utilizzi più tradizionali-salutistici come ad esempio quello del "dentarolo" (rizoma accuratamente pulito e messo in sicurezza, dato ai neonati per alleviare i sintomi legati alla dentizione).

In questo territorio, a partire dal 1970, la coltivazione di queste specie iniziò tuttavia a perdere di interesse a causa dell'introduzione di essenze di sintesi, della mancanza di manodopera e dell'importazione di rizomi provenienti dal Marocco. Oggi tale produzione è pressoché scomparsa. Nel presente progetto di tesi, i rizomi di *I. × germanica* ed *I. pallida* sono stati analizzati con varie tecniche, al fine di ottenere un prodotto di interesse commerciale.

Materiali e Metodi

Rizomi di *I. × germanica* ed *I. pallida* sono stati raccolti ad agosto 2015 (dopo circa tre anni dall'impianto) presso l'Azienda Agricola "Erba Madre", ubicata a Cazzano di Tramigna in Val Tramigna (Veneto). I rizomi raccolti sono stati mondati (cioè puliti subito dopo la raccolta), essiccati al sole per un mese e successivamente stoccati per altri tre anni in un magazzino ventilato. Il materiale vegetale polverizzato è stato sottoposto alle seguenti tecniche estrattive: idrodistillazione, estrazione con CO₂ supercritica ed estrazione con ultrasuoni. L'idrodistillazione è stata condotta per 8 ore utilizzando 25 g di droga in 250 ml di acqua. L'estrazione con CO₂ supercritica è stata effettuata utilizzando un estrattore Spe-ed™ SFE Prime (capacità 32 ml) ad una temperatura di 40 °C, pressione 300 bar, flusso di CO₂ 2,5 ml/min. Il campione ha subito un ciclo di estrazione costituito da una fase statica di 5 minuti e una fase dinamica di 60 minuti. La quantità di polvere di *I. × germanica* utilizzata è stata di 9,37 g, mentre quella di *I. pallida* di 6,78 g. Per l'estrazione in ultrasuoni, 2 g di ciascuna polvere in 20 ml di etanolo al 70 % sono stati sottoposti per un'ora agli ultrasuoni (a 40kHz) e successivamente filtrati e portati a secco tramite liofilizzazione. Gli spettri ¹H-NMR, sono stati registrati in una soluzione di metanolo deuterato (CDCl₃) in tubi di vetro da 5 mm a temperatura ambiente. Per la caratterizzazione spettroscopica delle molecole organiche è stato utilizzato uno spettrometro Mercury Plus Varian NMR, operante a 400 MHz nel ¹H-NMR. Lo spostamento chimico riferito al segnale del solvente residuo (CDCl₃) è di 7,26 ppm. L'analisi GC è stata condotta con un gascromatografo Varian GC-3800 equipaggiato con una colonna VF-5ms con fase stazionaria legata di poli-5% fenil-95%-dimetil-silossani, diametro interno 0,25 mm, lunghezza 30 m, spessore del film 0,25 µm, oltre che con uno spettrometro di massa del tipo Varian MS-4000 con ionizzazione per impatto elettronico e analizzatore a trappola ionica, dotato di una libreria NIST. Le condizioni operative utilizzate in laboratorio sono state le seguenti: temperatura dell'iniettore 300 °C, flusso del gas (elio) 1,2 ml/min, rapporto di split 1:50. La temperatura del forno è stata inizialmente incrementata da 130 °C a 200 °C con una rampa di 1 °C/min, poi da 200 °C a 250 °C con una rampa di 5 °C/min e da 250 °C a 320 °C con una rampa di 10 °C/min, mantenendo al termine 320 °C per 3 minuti. Per la quantificazione dei polifenoli totali negli estratti è stato utilizzato il metodo di Folin-Cicolteu: sono stati pesati 250 mg di estratto liofilizzato di *I. × germanica* e 210 mg di *I. pallida*, successivamente dissolti in un solvente idroalcolico al 70 % di etanolo V/V in un matraccio da 50 ml. Le concentrazioni degli estratti risultano quindi essere 5 mg/ml nel primo caso e 4,2 mg/ml nel secondo. La HP-TLC è stata condotta con la finalità di identificare alcuni flavonoidi presenti negli estratti ottenuti in ultrasuoni con etanolo 70 %. Per l'analisi sono stati preparati 50 ml di estratto liofilizzato di *I. pallida* (210 mg/ml) e *I. × germanica* (250 mg/ml) in 70 % in etanolo V/V. Per la determinazione dell'attività antiossidante degli estratti è stato seguito il metodo spettrofotometrico con il radicale 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH). Per saggio spettrofotometrico è stata utilizzata una micropiastra a 96 pozzetti e un lettore a micropiastre (Microplate Reader 680 XR, Biorad); la lettura dell'assorbanza è stata effettuata a 515 nm.

Risultati

Le rese ottenute per idrodistillazione sono state dello 0,36 % (ml/g%) e dello 0,32 % (ml/g%), rispettivamente, per *I. × germanica* ed *I. pallida*. Tali risultati sono in linea con i dati di letteratura. È stato inoltre testato il metodo SFE sui rizomi di entrambe le specie: per *I. × germanica* la resa è stata dell'1,04 % (g/g%), per *I. pallida* dello 0,83 % (g/g%). Così come riportato in letteratura, l'analisi degli estratti ottenuti con idrodistillazione e analizzati con GC-MS hanno evidenziato una prevalenza di acido miristico. Tale acido tende ad aumentare al crescere del tempo di distillazione. Negli estratti ottenuti con SFE è emersa una molecola che non è stata identificata sia in GC-MS, sia in NMR. L'estrazione idroalcolica tramite ultrasuoni, seguita da liofilizzazione, ha dato rese del 23,84 % (g/g%) per *I. × germanica* e del 12,95 % (g/g%) per *I. pallida*. Gli estratti sono quindi stati analizzati per il contenuto di polifenoli totali e di attività antiossidante. I risultati ottenuti mostrano un basso contenuto di polifenoli totali in entrambe le droghe. La specie con più polifenoli è risultata essere *I. pallida* (96,02 mg di equivalenti di acido gallico per grammo di estratto) rispetto ad *I. × germanica* (66,64 mg di equivalenti di acido gallico per grammo di estratto). È stata quindi eseguita un'analisi qualitativa HP-TLC degli estratti idroalcolici, confrontando la corsa cromatografica degli estratti con alcuni standard di flavonoidi presenti in letteratura: la

lastra ha evidenziato la possibile presenza di tutti gli standard considerati, in particolar modo di mangiferina, più abbondante in *I. × germanica*. L'attività antiossidante è stata testata tramite il test bioautografico e quello spettrofotometrico con il radicale DPPH: i valori di IC₅₀ riscontrati dal test spettrofotometrico corrispondono ad un'attività bassa, ma comunque di interesse perché inferiore a 1 mg/ml. *Iris × germanica* sembra essere la specie con maggiore attività in quanto il suo valore di IC₅₀ è di 298,28 µg/ml, dimezzato molto inferiore rispetto a quello di *I. pallida* (IC₅₀ pari a 469,79 µg/ml). Il test bioautografico HP-TLC ha evidenziato i composti a maggiore attività antiossidante: canferolo, mangiferina ed altri componenti non identificati.

Discussione

Dai risultati preliminari ottenuti in questo lavoro di tesi, e in particolar modo da quelli dalle analisi GC-MS e NMR, si conferma che le specie testate presentano un buon potenziale applicativo nell'industria profumiera e salutistica. Nel dettaglio, *I. pallida* è risultata essere quella con un maggior contenuto di ironi (14 %), in linea con i valori della migliore qualità del burro d'iris in commercio. Per quanto concerne la tecnica produttiva, criticità sono state riscontrate nella fase di idrodistillazione: il materiale vegetale produce un burro che tende ad accumularsi nel condensatore, creando problemi di recupero del prodotto finale e talora intasamenti del tubo. Negli ultimi anni le scelte dei consumatori sono sempre più orientate verso prodotti di origine naturale che hanno un legame con il territorio. Queste nuove domande di mercato devono spingere le aziende agricole ad offrire prodotti che soddisfino tali nuovi bisogni. In quest'ottica, *I. × germanica* ed *I. pallida* possono rappresentare una preziosa risorsa per l'economia sostenibile dell'alta Val Tramigna.

Letteratura citata

Pignatti A, Ubrizsy Savoia A, Varoli Piazza S (2000) *Iris*: a significant element of the mediterranean landscape. *Annali di Botanica* 8: 161-166.

Candidato: Anna Gilioli

Relatore: Alessandra Guerrini

Correlatori: Ilaria Burlini, Andrea Lista

Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie, Università di Ferrara, Via Luigi Borsari 46, 44121 Ferrara

Anno di discussione: 2019

Revisione del gruppo *Parmelia saxatilis* in Italia, attraverso dati molecolari, chimici e morfologici

M.B. Castellani

Introduzione

I licheni Parmeliodi sono tra i macrolicheni più diffusi sulla Terra. I principali generi sono *Parmelia* s.s., *Parmelina*, *Flavoparmelia*, *Punctelia*, *Canoparmelia*, *Xanthoparmelia*, *Pleurosticta*, *Parmotrema* e *Melanelixia*. Il genere *Parmelia* s.s., comprende 57 specie, largamente distribuite in Asia, Europa e Nord America (Molina et al. 2011) e racchiude al suo interno numerose criticità tassonomiche. Solo negli ultimi anni, grazie a diversi studi basati su un approccio molecolare (Wedin et al. 1999, Mattsson et al. 1998, Crespo et al. 2001, Crespo et al. 2002), è stato possibile approfondire la posizione tassonomica e le relazioni evolutive tra le varie entità ascritte a tale genere, nonché gli eventuali caratteri morfologici e chimici definibili come predittori delle specie criptiche esistenti. Nel presente lavoro di tesi sono state indagate due nuove specie, *Parmelia ernstiae* (Feuerer et al. 2002) e *Parmelia serrana* (Crespo et al. 2004), recentemente separate da *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. e segnalate per l'Europa (Thell et al. 2008, Hawksworth et al. 2011), ma la cui presenza e distribuzione in Italia è tuttora da accertare.

Materiali e Metodi

Per questo studio sono stati analizzati 312 campioni italiani attribuiti a *Parmelia saxatilis* provenienti da tutta Italia: 205 sono stati collezionati durante una fase esplorativa in campo svolta da Ottobre 2015 ad Agosto 2016, mentre 67 e 40 sono stati prelevati rispettivamente dall'Erbario Centrale Italiano di Firenze e dall'Erbario lichenologico del Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste. Tali campioni sono stati determinati morfologicamente con l'ausilio di una chiave dicotomica inedita, sviluppata in base ai dati tratti dalla letteratura. I campioni risultati morfologicamente criptici sono poi stati selezionati per l'analisi chimica (TLC). Un approccio

molecolare è stato infine applicato per risolvere le criticità evidenziate dalle indagini morfologiche e chimiche, utilizzando come marcatori la regione ITS del rDNA nucleare (Crespo et al. 2002) e la regione del DNA codificante per la β -tubulina (Thell et al. 2002).

Risultati

Analisi morfologica. Tramite l'approccio morfologico è stata effettuata una prima identificazione dei 312 campioni selezionati. Tali osservazioni hanno consentito di individuare in 60 campioni d'erbario e 38 dei collezionati in campo i caratteri morfologici delle due nuove specie. Tra i campioni esaminati, quello indicato con il codice n. 253 è risultato di dubbia attribuzione specifica in quanto presenta tratti morfologici in comune con le tre specie del gruppo di *P. saxatilis*.

Analisi chimica. I risultati della TLC hanno evidenziato un'elevata variabilità dei pattern di sostanze licheniche a livello inter- ed intra-specifico. Per quanto riguarda *P. ernstiae*, i campioni analizzati hanno mostrato una maggior quantità di composti secondari rispetto alle altre specie: acido salazinicico, acido atranorinico ed acido lobarico. Non sempre evidente è risultato invece l'acido lichestrinico. Si sottolinea, invece, la maggior difficoltà nell'ottenere risultati chiaramente leggibili dai campioni d'erbario più vecchi.

Analisi genetica. L'analisi filogenetica, svolta su un allineamento combinato ITS e β -tubulina, è stata eseguita con successo su tutti i campioni freschi e ha consentito di attribuire 12 campioni a *P. ernstiae* e 1 campione a *P. serrana*. Nessun campione d'erbario esaminato ha dato un segnale perfettamente interpretabile. L'accessione n. 253, pur rientrando all'interno del clado di *P. saxatilis* s.l., è apparsa completamente distaccata dalle tre specie esaminate.

Discussione

In accordo con Ossowka et al. (2018), le analisi morfologica e chimica si sono dimostrate utili per un primo screening delle specie affini al gruppo *Parmelia saxatilis*, ma non sufficienti per identificarle come tali. I tratti morfologici, inoltre, non sempre erano misurabili in quanto i campioni si presentavano non completamente sviluppati o danneggiati. Analogamente, non è stato sempre possibile rilevare i composti secondari e la TLC non ha fornito risultati attendibili per la maggior parte dei campioni in quanto alcuni acidi lichenici non erano più rilevabili. L'HPLC potrebbe essere, in futuro, una soluzione ideale per l'identificazione dei loro composti secondari (Lumbsch 2002). L'elevato grado di somiglianza morfologica e chimica tra queste specie, conferma quindi il loro essere specie criptiche (Culberson 1972). I risultati di questo studio hanno quindi confermato che l'approccio molecolare è cruciale per l'identificazione delle specie di questo gruppo (Molina et al. 2004). La combinazione di ITS e β -tubulina ha consentito di accertare la presenza di *P. ernstiae* e *P. serrana* sul territorio italiano, ampliandone la distribuzione e ridefinendo quella di *P. saxatilis* s.s. L'analisi filogenetica ha confermato che *P. ernstiae* è strettamente correlata, come sister group, a *P. saxatilis* (Molina et al. 2004) ed è molto più diffusa in Italia di quanto ipotizzato. È stata infatti trovata in Trentino-Alto Adige, Toscana, Campania, Puglia e Calabria. *Parmelia serrana*, invece, è risultata essere la meno diffusa essendo stata accertata solo in Toscana. Il presente lavoro di tesi ha migliorato quindi le conoscenze riguardo alla distribuzione dei taxa indagati sul territorio italiano. Ciò è stato particolarmente evidente per *P. ernstiae*, precedentemente segnalata solo sull'Etna (vicino a Zafferano Etnea, com. pers. P.L. Nimis; exsiccatum B600174204, det. H. Sipman, Erbario Università di Trieste) ed in Cilento a Pruno di Laurino (Ravera 2012). Per quanto riguarda *P. serrana*, la sua presenza in Italia è stata rilevata a Montecristo (Toscana), località che si aggiunge a quella di Cave del Predil (UD, det. G. Thor; in Nimis, Martellos 2017). Inoltre, sulla base delle criticità evidenziate dai risultati morfologici, chimici e molecolari, il campione n. 253 potrebbe essere attribuito ad un'entità non ancora descritta. Saranno pertanto necessari ulteriori studi, utilizzando approcci di genetica delle popolazioni, per verificarne la sua effettiva autonomia specifica.

Letteratura citata

- Crespo A, Molina MC, Blanco O, Schroeter B, Sancho LG, Hawksworth DL (2002) rDNA ITS and β -tubulin gene sequence analyses reveal two monophyletic groups within the cosmopolitan lichen *Parmelia saxatilis*. *Mycological Research* 106: 788-795.
- Crespo A, Molina MC, Hawksworth DL (2004) *Parmelia serrana*. In: Molina et al. (2004) *Lichenologist* 36: 48.
- Crespo A, Oscar B, and David L (2001) The potential of mitochondrial DNA for establishing phylogeny and stabilising generic concepts in the parmelioid lichens. *Taxon* 50 (3): 807-819.
- Culberson CF (1972) Improved conditions and new data for the identification of lichen products by a standardized thin-layer chromatographic method. *Journal of Chromatography* 72: 113-125.
- Feuerer T, Thell A (2002) *Parmelia ernstiae* – a new macrolichen from Germany. *Mitteilungen aus dem Institut für Allgemeine Botanik in Hamburg* 30-32: 49-60.
- Hawksworth DL, Divakar PK, Crespo A, Ahti T (2011) The checklist of parmelioid and similar lichens in Europe and some adjacent territories: additions and corrections. *Lichenologist* 43(6): 639-645.
- Lumbsch HT (2002) Analysis of Phenolic Products in Lichens for Identification and Taxonomy. In: Kranner IC, Beckett RP,

- Varma AK (Eds) *Protocols in Lichenology*: 281-295. Springer Lab Manuals. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Mattsson J-E, Wedin M (1998) Phylogeny of the Parmeliaceae-DNA data versus morphological data. *Lichenologist* 30: 463-472.
- Molina MC, Crespo A, Blanco O, Lumbsch HT, Hawksworth DL (2004) Phylogenetic relationships and species concepts in *Parmelia* s.str. (Parmeliaceae) inferred from nuclear ITS rDNA and tubulin sequences. *Lichenologist* 36(1): 37-54.
- Molina MC, Divakar PK, Millanes AM, Sánchez E, Del-Prado R, Hawksworth DL, Crespo A (2011) *Parmelia sulcata* (Ascomycota: Parmeliaceae), a sympatric monophyletic species complex. *Lichenologist* 43(6): 585-601.
- Nimis PL, Martellos S (2017). ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology. <http://dryades.units.it/italic> [accessed 04.07.2018].
- Ossowska E, Guzow-Krzeminska B, Dudek M, Oset M, Kukwa M (2018) Evaluation of diagnostic chemical and morphological characters in five *Parmelia* species (Parmeliaceae, lichenized Ascomycota) with special emphasis on the thallus pruinosity. *Phytotaxa* 383(2): 165-180.
- Ravera S. (2012) *Notula*: 22. *Informatore Botanico Italiano* 44(1): 192-193.
- Thell A, Elix JA, Feuerer T, Hansen ES (2008) Notes on the systematics, chemistry and distribution of European *Parmelia* and *Punctelia* species (lichenized ascomycetes). *Sauteria* 15: 545-559.
- Thell A, Stenroos S, Feuerer T, Kärnefelt I, Myllys L, Hyvönen J (2002) Phylogeny of cetrarioid lichens (Parmeliaceae) inferred from ITS and tubulin sequences, morphology, anatomy and secondary chemistry. *Mycological Progress* 1(4): 335-354.
- Wedin M, Doring H, Mattsson J-E (1999) A multi-gene study of the phylogenetic relationships of Parmeliaceae. *Mycological Research* 103(9): 1185-1192.

Candidato: Maria Beatrice Castellani

Relatore: Renato Benesperi

Correlatore: Andrea Coppi

Dipartimento di Biologia, Università di Firenze, Via Giorgio La Pira 4, 50121 Firenze

Anno di discussione: 2018

Integrazione del monitoraggio con strumenti statistici per elaborare modelli distributivi per *Primula apennina* Widmer, specie d'interesse conservazionistico

F. Olivieri

Introduzione

Nell'attuale contesto di global change, i Modelli Distributivi delle Specie (SDMs) costituiscono strumenti utili per individuare l'areale potenziale delle specie associandolo a fattori climatico-ambientali e predicendone le variazioni temporali (Guisan et al. 2000). In questo lavoro di tesi è stato applicato un approccio combinato e integrativo di tecniche standard di monitoraggio con tecniche probabilistiche al fine di favorire la conservazione di *Primula apennina* Widmer. Si tratta di un'erba perenne, endemica, distribuita esclusivamente lungo il crinale dell'Appennino Tosco-Emiliano (Centro Italia). L'areale distributivo ridotto, determinato soprattutto dalla sua esclusiva presenza in ambienti d'alta quota (1500-2000 m s.l.m.), ne ha reso indispensabile il suo inserimento nell'Allegato II della Direttiva Habitat (Gennai et al. 2012). Gli obiettivi specifici di questo studio sono: 1) costruire e confrontare due modelli distributivi, uno basato su dati desunti dalla letteratura e l'altro su dati derivati dalle indagini di campo; 2) verificare se i modelli individuano nuove zone di presenza potenziale (anche al di fuori dell'areale finora noto) e quindi da sottoporre a future indagini di campo; 3) predire la futura distribuzione della specie in un'ottica di cambiamento climatico globale.

Materiali e Metodi

Lo studio è partito dall'analisi delle fonti bibliografiche; questo ha consentito di estrapolare e georeferenziare i toponimi dove la specie è stata documentata in passato. Tali località sono state mappate su QGIS (versione 3.4.13), previa assegnazione delle coordinate tramite Google Maps ed il Geoportale Nazionale. Verifiche di campo sono state svolte in tutti questi siti, oltre che nelle aree limitrofe accessibili, nel corso dell'estate 2018. I dati di letteratura e quelli ottenuti dal monitoraggio sul campo sono quindi serviti alla costruzione di due set di dati di presenza di *P. apennina*. La distribuzione probabilistica della specie è stata stimata in ambiente statistico R (versione 3.3.2): dopo aver importato i confini dell'area di studio escludendo le aree non coerenti con le esigenze edafiche della specie (arenarie tipo "Macigno") (Gennai et al. 2012), sono state selezionate 9 variabili ambientali tramite test di correlazione di Pearson con soglia 0,7 (Dormann et al. 2013), delle quali 6 di tipo bioclimatico, 2 di tipo topografico (<https://www.worldclim.org/>) e 1 riguardante la copertura del suolo (Normalized difference

vegetation index, NDVI) (<https://www.copernicus.eu/en>). Successivamente, i dati di presenza e le variabili ambientali sono state inserite nel software Maxent (versione 3.4.1) che ha stimato la distribuzione probabilistica della specie, restituendo una mappa organizzata in celle, ognuna con un valore di probabilità di trovare la specie compreso tra 0 (specie assente) e 1 (specie presente) (Phillips et al. 2006). I modelli derivati dai dati di letteratura e di campo sono stati confrontati utilizzando il programma Map Comparison Kit che consente una comparazione diretta “cella per cella”, restituendo un valore di somiglianza complessivo (statistica Kappa) che può essere compreso tra 0 (mappe discordanti) e 1 (mappe coincidenti) (Visser, De Nijs 2006). Il potere predittivo dei due modelli è stato saggiato con la metrica AUC (Area Under the Receiver Operating Curve) che consente di stabilire la capacità del modello di predire correttamente la presenza della specie (Lobo et al. 2008). Le mappe ottenute sono state quindi caricate su QGIS e sovrapposte al layer geografico Openstreetmap al fine di identificare nuove località potenzialmente idonee per la specie. La distribuzione futura è stata ricavata proiettando i modelli distributivi correnti nell’anno 2070, usando variabili bioclimatiche stimate dal modello climatico CCSM4 in relazione ai diversi andamenti delle concentrazioni di CO₂ previste per quell’anno (https://worldclim.org/CMIP5_30s).

Risultati

L’attività di campo ha confermato la presenza della specie in tutte le località indicate in letteratura, tranne 4 risultate non idonee per ospitare la pianta poiché non caratterizzate da pareti silicee con vegetazione casmofitica. Dalla comparazione delle due mappe probabilistiche, una costruita con i dati di letteratura e l’altra con dati di campo, è emersa l’assenza di una differenza significativa tra le due distribuzioni (statistica Kappa = 0,703). La pressoché equivalenza dei due modelli è confermata anche dai valori simili di AUC inerenti alla loro capacità predittiva: 0,950 e 0,952, rispettivamente per il modello di letteratura e quello di campo. Le varie mappe generate, inoltre, hanno individuato diverse nuove località in corrispondenza di celle caratterizzate da alta probabilità stimata dai modelli di trovare la specie, sia all’interno sia all’esterno dell’areale noto. Per quanto riguarda la proiezione futura della distribuzione della specie, i modelli hanno restituito mappe caratterizzate da un numero esiguo di celle caratterizzate da un valore probabilità di trovare la specie prossimo allo zero.

Discussione

La pressoché uguaglianza dei due modelli di letteratura e di campo è un risultato da ascrivere all’effetto combinato di vari fattori. Ad esempio, la non indipendenza dei due set di dati di presenza sui quali i due modelli sono stati costruiti, ma anche il tipo di campionamento non rappresentativo e opportunistico, potrebbero aver inficiato la robustezza della modellistica a causa della raccolta di dati autocorrelati spazialmente (Hirzel, Guisan 2002, Aiello-lammens et al. 2015). A ciò deve aggiungersi l’uso di una scala spaziale con risoluzione delle celle grossolana, non del tutto adatta a rappresentare l’ecologia della specie. Questo inconveniente ha avuto il duplice effetto di ridurre drasticamente il numero di presenze del set di campo, poiché molte convergevano nella stessa cella, e di modellizzare una relazione presenza specie-variabili ambientali non significativa per *P. apennina* (Chave 2013). La natura ipsofila, stenocora e stenoecia della specie indagata, inoltre, rende difficile reperire cartografie adatte a cogliere gli aspetti micro-stazionali degli ambienti in cui la specie vive (Körner 2003). Per quanto riguarda la capacità della modellistica di suggerire nuove località di presenza della specie, sebbene la statistica AUC vada interpretata con cautela (Lobo et al. 2008) ed i risultati ottenuti rimangono da validare sul campo, i nuovi toponimi identificati sono perlopiù zone di crinale o quantomeno caratterizzati da alti valori di altitudine e dunque potenzialmente adatti alle esigenze ecologiche della specie. È interessante notare che tre delle località restituite dal software Maxent, e dunque non indicate nella bibliografia consultata, erano state riportate in un sito escursionistico (<http://www.clubaquilerampanti.it/>). I risultati ottenuti sulla distribuzione di *P. apennina* stimata per l’anno 2070 evidenziano uno scenario prossimo all’estinzione entro i prossimi 50 anni. Il pessimismo di tali predizioni, tuttavia, potrebbe essere stato amplificato dalla scala spaziale usata. Tale distribuzione futura, inoltre, non considera il potenziale ruolo di variabili quali le interazioni biotiche, la disponibilità di rifugi climatici e l’acclimatazione che possono incidere fortemente sulla distribuzione delle specie d’alta quota (Araújo et al. 2005). Tali risultati, malgrado vadano interpretati con molta cautela considerate le innumerevoli difficoltà legate alla validazione dei modelli predittivi, sono coerenti con i trend di declino ed estinzione previsti per le specie d’altitudine (Steinbauer et al. 2018). Risulta quindi indispensabile rendere prioritario il monitoraggio di *P. apennina*, integrando tecniche standard di raccolta dati con strumenti di modellistica, al fine di attuare strategie ottimizzate di conservazione per questa specie.

Letteratura citata

- Aiello-lammens ME, Boria ME, Radosavljevic RA, Vilela A, Anderson RP (2015) spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography* 38(5): 541-545.
- Araújo MB, Whittaker RJ, Ladle R, Erhard M (2005) Reducing uncertainty in projections of extinction risk from climate change. *Global Ecology and Biogeography* 14(16): 529-538.

- Chave J (2013) The problem of pattern and scale in ecology: what have we learned in 20 years? *Ecology Letters* 16(1): 4-16.
- Dormann CF, Elith J, Bacher S, Buchmann C, Carl G, Carré G (2013) Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 36(1): 27-46.
- Gennai M, Alessandrini A, Fisogni A (2012) *Primula apennina* Widmer. *Informatore Botanico Italiano* 44(2): 465-467.
- Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Hirzel A, Guisan A (2002) Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecological Modelling* 157(2-3): 331-341.
- Körner C (2003) *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer. 349 pp.
- Lobo JM, Jiménez-valverde A, Real R (2008) AUC: A misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17(2): 145-151.
- Phillips S, Anderson RP, Schapire RE (2006) A Brief Tutorial on Maxent Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 161-175.
- Steinbauer MJ, Grytnes JA, Jurasinski G, Kulonen A, Lenoir J, Pauli H, Rixen C, Winkler M, Bardy-Durchhalter M, Barni E et al. (2018) Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature* 556: 231-234.
- Visser H, De Nijs T (2006) The map comparison kit. *Environmental Modelling and Software* 21(3): 346-358.

Candidato: Francesca Olivieri

Relatore: Gianni Bedini

Correlatori: Giovanni Astuti, Marco D'Antraccoli

Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, Via Derna 1, 56126 Pisa

Anno di discussione: 2019

Distribuzione, provenienza, composizione ed impatto ecologico del beach litter nell'Abruzzo meridionale

F.P. Tozzi

Introduzione

Con "beach litter" si intende l'accumulo di materiali solidi abbandonati o spiaggiati, cioè rifiuti che vengono dispersi illegalmente nell'ambiente con varie modalità (soprattutto lungo i corsi d'acqua) e si depositano sulla costa spinti dalle correnti marine, dal moto ondoso e dai venti (Poeta et al. 2015). Molti di questi materiali non sono biodegradabili, ma soltanto frammentabili. In tal modo possono entrare stabilmente nelle reti trofiche delle specie marine e costiere riducendone la funzionalità (Defeo et al. 2009). Le attività umane che producono questi rifiuti sono svolte sia sulle coste (es. attività ricreative, pesca, nautica, discariche) (Galgani et al. 2010, Bergmann et al. 2015), sia nell'entroterra. Ben il 70% del beach litter, infatti, viene trasportato dai fiumi dall'entroterra al mare, accumulandosi successivamente sulle spiagge. Tale fenomeno è ben presente anche lungo la costa meridionale dell'Abruzzo (Centro Italia) dove l'accumulo del beach litter determina notevoli costi per la sua rimozione, oltre che danni agli ecosistemi e al valore percettivo del paesaggio litoraneo (de Francesco et al. 2019). In questo lavoro di tesi sono stati analizzati distribuzione, provenienza, composizione ed impatto ecologico del beach litter negli habitat di interesse comunitario presenti negli ambienti dunali delle Riserve Naturali Regionali (RNR) e dei Siti di Interesse Comunitario (SIC) d'Abruzzo.

Materiali e Metodi

Il lavoro di campo è stato effettuato tra aprile e maggio 2018 nelle seguenti aree protette, presenti lungo la costa abruzzese meridionale (provincia di Chieti): RNR "Punta dell'Acquabella", RNR "Marina di Vasto" e SIC IT7140109 "Marina di Vasto", RNR "Punta Aderci" e SIC IT7140108 "Punta Aderci-Punta della Penna", RNR "Lecce di Torino di Sangro" e SIC IT7140107 "Lecce Litoranea di Torino di Sangro e Foce del Fiume Sangro". Il rilevamento del beach litter è stato effettuato mediante plots quadrati di 4 m² secondo un protocollo metodologico random stratificato, in numero rappresentativo per ciascun habitat di interesse comunitario presente. In totale sono stati effettuati 83 rilievi negli habitat 1210, 2110, 2120 e 2230 (Direttiva 93/42/CEE), oltre che sulle sponde fluviali in corrispondenza delle foci (in tali siti non sono stati rilevati habitat a causa del degrado dell'ambiente). In ogni area di saggio si è provveduto a rilevare i dati stazionali, stimare la copertura vegetale totale e del litter e raccogliere i rifiuti inorganici di dimensione superiore ai 2 centimetri. Ogni rifiuto è stato poi classificato in categorie di materiale (plastica, polistirolo, misto, vetro, carta ed alluminio) e di origine ("pesca e nautica", "contenitori", "alimentari", "imballaggi" ed "altro"), secondo le linee guida del Protocollo OSPAR (2010).

I dati raccolti sono stati elaborati applicando il test di Mann Whitney con il software Past Statistic. Questo ha consentito di valutare le differenze significative tra gli habitat studiati per quanto riguarda l'abbondanza del

litter, la tipologia di materiale rinvenuto e la categoria di provenienza.

Risultati

I rilevamenti condotti lungo la costa abruzzese meridionale hanno consentito di individuare 698 rifiuti, dei quali ben 677 con dimensioni comprese tra 2 e 50 cm, mentre solo 21 più lunghi di 50 cm.

La plastica (43%) è risultato il materiale più abbondante, seguito da polistirolo (34%), misto (12%), vetro (10%) e alluminio (1%). Per quanto riguarda l'origine, il litter è stato attribuito in massima parte alla categoria "pesca e nautica", la quale rappresenta il 40% dei rifiuti totali. Significativa anche la presenza di "contenitori" (20%), "altro" (cioè frammenti di varia provenienza, 18%), "imballaggi" (13%) ed "alimentari" (9%). Relativamente alla plastica, è stato osservato il suo maggiore accumulo sulla spiaggia (1210) con 202 frammenti ed a ridosso delle sponde delle foci fluviali (19 elementi). Si sottolinea, tuttavia, che questa tipologia di rifiuto è risultata mediamente abbondante in tutti gli habitat rilevati. Nell'habitat 1210 è stato riscontrato anche un grande accumulo di materiale organico esogeno (non quantificato perché lo studio è stato dedicato ai soli rifiuti inorganici) costituito da tronchi, rami e resti di *Arundo donax* L. Questi materiali costituiscono un intricato sistema che favorisce l'accumulo e la persistenza dei rifiuti inorganici ed organici.

Discussione

Nelle aree protette costiere dell'Abruzzo meridionale l'accumulo del beach litter è particolarmente consistente a ridosso delle foci fluviali e sulle spiagge a maggior grado di naturalità, che sono anche le aree maggiormente apprezzate per chi pratica l'eco-turismo (Drius et al. 2019). L'accumulo di rifiuti riscontrato sulle sponde fluviali, in corrispondenza delle foci, evidenzia come i corsi d'acqua trasportino materiali dall'entroterra al mare. Ciò dimostra che una parte consistente del beach litter viene prodotto dalle attività antropiche svolte sulla terraferma, piuttosto che lungo la costa o in mare. La notevole quantità di plastica rinvenuta è da ricondurre al suo largo impiego per la produzione di stoviglie usa e getta, bottiglie, contenitori di vario tipo e di gran parte del packaging alimentare. Si sottolinea che la plastica presenta dei tempi di degradazione da parte dell'ambiente molto lunghi che vanno da centinaia a migliaia di anni, di conseguenza il suo impatto sugli ecosistemi dunali tende ad essere a lungo termine. Il polistirolo è significativamente più abbondante alle foci dei fiumi, rispetto agli habitat dunali 1210 e 2230. Nelle foci, il notevole accumulo di polistirolo potrebbe essere causato dalle maree e dal moto ondoso che favoriscono il deposito di questo materiale sulle sponde fluviali. Essendo il polistirolo un materiale leggero, viene facilmente allontanato dalla spiaggia (1210) e dai pratelli interdunali (2230) dai venti che spirano dal mare verso l'entroterra, spiegando così la minore presenza di questo materiale in questi habitat più prossimi alla linea di costa. L'abbondanza di polistirolo è dovuta prevalentemente al suo utilizzo per la produzione delle cassette usa e getta per il pescato. Come la plastica, anche questo polimero ha un impatto ambientale notevole, con un tempo di degradazione stimato in circa mille anni. Molto frequenti anche i "contenitori" i quali, in parte vengono trasportati dai fiumi in mare e, in parte vengono abbandonati dai turisti nel corso della stagione estiva. In conclusione, sulla base dei risultati ottenuti nel corso del presente studio, è possibile affermare che il monitoraggio ecologico condotto negli ecosistemi dunali e delle foci fluviali ha consentito di acquisire informazioni sulla composizione e provenienza dei rifiuti spiaggiati e sulla loro distribuzione lungo le coste e, infine, di stimare l'impatto sugli habitat nelle aree protette della costa abruzzese meridionale.

Letteratura citata

- Bergmann M, Gutow L, Klages M (2015) Marine Anthropogenic Litter. Springer Open, New York. 447 pp.
- de Francesco MC, Carranza ML, Varricchione M, Tozzi FP, Stanisci A (2019) Natural protected areas as special sentinels of littering on coastal dune vegetation. *Sustainability* 11(19): 5446-5462.
- Defeo O, McLachlan A, Schoeman DS, Schlacher TA, Dugan J, Jones A, Lastra M, Scapini F (2009) Threats to Sandy Beach Ecosystems: A Review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81(8): 1-12.
- Drius M, Jones L, Marzialetti F, de Francesco MC, Stanisci A, Carranza ML (2019) Not just a sandy beach. The multi-service value of Mediterranean coastal dunes. *Science of the Total Environment* 668: 1139-1155.
- Galgani F, Fleet D, Van Franeker J, Katsanevakis S, Maes T, Mouat J, Oosterbaan L, Poitou I, Hanke G, Thompson R, Amato E, Birkun A, Janssen C (2010) Marine Strategy Framework Directive - Task Group Report 10 on Marine Litter. JRC Scientific and Technical Reports. 48 pp.
- OSPAR Commission (2010) Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area. London. 83 pp.
- Poeta G, Romiti F, Battisti C (2015) Discarded bottles in sandy coastal dunes as threat for macro-invertebrate populations: First evidence of a trap effect. *Vie et Milieu - Life and Environment* 65(3): 125-127.

Candidato: Francesco Pio Tozzi

Relatore: Angela Stanisci

Correlatore: Maria Carla de Francesco

Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università del Molise, Via Francesco de Sanctis s.n.c, 86100 Campobasso

Anno di discussione: 2018

Ecologia riproduttiva di popolazioni di *Ambrosinia bassii* L. e *Arum pictum* L.f. (Araceae) nella Sardegna settentrionale

A. Amadori

Introduzione

La Sardegna, situata nel settore occidentale del bacino del Mediterraneo, è la seconda isola più grande del Mediterraneo dopo la Sicilia. Il suo isolamento e l'elevata diversità geologica hanno favorito la creazione di una vasta gamma di habitat, con elevati tassi di endemiche, soprattutto sui massicci montuosi dove si riscontrano condizioni di insularità ecologica (Médail, Quézel 1997). Nonostante sia ben nota la storia geologica del Mediterraneo, diversi studi hanno recentemente approfondito le origini crono-geografiche della grande varietà floristica presente in quest'area. È noto che l'attuale distribuzione delle specie sia il risultato dei cambiamenti geologici e climatici verificatisi nel corso delle epoche passate.

Le specie della sottofamiglia Aroideae presenti nel sistema sardo-corso, rappresentano un gruppo del quale è nota nel dettaglio la storia evolutiva e la cronologia dell'arrivo e dell'espansione nell'area: l'ipotesi è che *Helicodiceros muscivorus* (L.f.) Engl. ed *Arum pictum* L.f. presentino affinità con le Araceae del Mediterraneo orientale (Mansion et al. 2008), mentre *Ambrosinia bassii* L. ed *Arisarum vulgare* O.Targ.Tozz. subsp. *vulgare* sarebbero appartenenti ad un contingente più antico, con affinità Laurasiatiche (Mansion et al. 2008). Mentre tuttavia si conoscono nel dettaglio gli aspetti genetici, paleontologici e paleoecologici relativi alla presenza nel Mediterraneo occidentale di queste specie, poco nota è la loro ecologia e biologia riproduttiva. Obiettivo di questo lavoro di tesi è colmare questa lacuna conoscitiva, analizzando l'ecologia riproduttiva di *A. bassii* ed *A. pictum* (Araceae) in popolazioni della Sardegna settentrionale.

Materiali e Metodi

Il lavoro di campo è stato svolto dal 2017 al 2019. Per ciascun taxon sono state individuate 8 popolazioni: 4 localizzate nel NW della Sardegna (Alghero), 4 nel NE dell'isola (Gallura). In ogni popolazione, mediante conte integrali e aree di saggio, sono stati determinati leaf traits, numerosità, densità, struttura e successo riproduttivo. Esclusivamente per *A. pictum*, inoltre, sono state effettuate delle indagini riguardanti la termogenesi e la produzione di odori. Sono stati infine studiati gli Artropodi rinvenuti nelle infiorescenze di entrambe le specie, in quanto potenziali impollinatori.

Risultati

Le indagini effettuate nel corso di questo studio hanno consentito di accertare che in *A. pictum* i pattern di termogenesi e produzione di odori non sono statisticamente differenti tra Sardegna e Corsica, mentre sembrano esistere differenze significative tra popolazioni sarde occidentali ed orientali. Per entrambe le specie, sono stati determinati per la prima volta due caratteri fogliari, SLA (specific leaf area) e LA (leaf area), che hanno consentito di ottenere dati sulla risposta alla luce della pianta. Le analisi sulla numerosità, sulla struttura delle popolazioni e sul successo riproduttivo di *A. pictum* hanno rivelato che in tutte le popolazioni vi è una prevalenza di adulti e che, sebbene il 100% delle infiorescenze contenga Artropodi (normalmente più di 10 individui per infiorescenza), solo il 10% di queste produce frutti maturi.

Le indagini condotte su *A. bassii* hanno invece evidenziato, in tutte le popolazioni, una prevalenza di individui giovani. Solo 1/3 delle infiorescenze di questa specie ha mostrato la presenza di Aracnidi terricoli, da ritenersi probabilmente impollinatori occasionali. È stata inoltre misurata la prevalenza (in %) delle diverse varietà nelle singole popolazioni di *A. bassii*, attraverso il metodo dei transeetti lineari. La varietà prevalente è la *bassii*, ma con variazioni notevoli da popolazione a popolazione. Ancora più variabile è la presenza delle altre varietà.

Discussione

In questo studio è stata condotta per la prima volta una ricerca sulla struttura delle popolazioni, la biologia riproduttiva e alcuni leaf traits della specie endemica *A. pictum*. È stato verificato come le popolazioni dei siti più aridi siano caratterizzate da percentuali più elevate di individui adulti, probabilmente perché il recruitment di giovani individui è più difficile (questi sono quindi meno rappresentati rispetto alle popolazioni dei siti pianiziali). I risultati ottenuti dai leaf traits esaminati (LA e SLA) su 150 campioni fogliari, hanno fornito risultati contrastanti: LA sembra essere inferiore nelle popolazioni dei siti aridi, mentre SLA segue chiaramente altri trend, probabilmente dovuti all'esposizione alla luce. Nelle popolazioni esaminate sono stati verificati pattern di termogenesi e produzione di odori simili a quelli di popolazioni corse già studiate. Al momento, la composizione chimica degli odori prodotti dall'infiorescenza di *A. pictum* è oggetto di analisi. È stato confermato che i Ditteri sono gli insetti maggiormente frequenti e presenti nelle infiorescenze di questa Aracea. I dati raccolti

in campo sulla struttura delle popolazioni sono fondamentali anche per comprendere la risposta di queste ai cambiamenti climatici, oltre che per analizzare il ciclo vitale della specie. Su quest'ultimo tema, molti sono ancora gli aspetti da chiarire, tra i quali l'identità del dispersore, la germinabilità dei semi, la preferenza da parte delle plantule di eventuali micro-habitat e, soprattutto, il possibile ruolo della riproduzione vegetativa.

Per quanto riguarda *A. bassii*, lo studio ha consentito di raccogliere i primi dati quantitativi sulle popolazioni sarde. È stato possibile appurare come questa specie presenti nella parte settentrionale dell'isola popolazioni abbondanti ed estese, che nei mesi invernali costituiscono talvolta la componente erbacea prevalente in termini di copertura. In tutte le popolazioni esaminate sono state rilevate più varietà (talvolta 5 tutte insieme, ma più frequentemente 4). Oltre alle prime indagini sui possibili impollinatori della specie in Sardegna, sono stati acquisiti anche i primi dati sulla produttività, che è stata misurata in poco più di 15 semi per frutto in due popolazioni. Anche per *A. bassii* saranno necessarie ulteriori indagini per completare le conoscenze sul suo ciclo biologico, in particolare per comprendere l'identità ed il ruolo degli impollinatori, la germinabilità dei semi, il ruolo della mirmecocoria, il reclutamento in funzione dell'eterogeneità di microhabitat.

Letteratura citata

- Mansion G, Rosenbaum G, Schoenenberger N, Bacchetta G, Rosselló JA, Conti E (2008) Phylogenetic analysis informed by geological history supports multiple, sequential invasions of the Mediterranean Basin by the angiosperm family Araceae. *Systematic Biology* 57(2): 269-285.
- Médail F, Quézel P (1997) Hot-spot analysis for conservation in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84: 112127.

Candidato: Arianna Amadori

Relatore: Emmanuele Farris

Correlatori: Marc Gibernau, Adrienne Godschalx

Dipartimento di Chimica e Farmacia, Università di Sassari, Via Piandanna 4, 07100 Sassari

Anno di discussione: 2019

Studio preliminare per la coltivazione massiva di *Porphyra dioica* J.Brodie & L.M.Irvine

D. Spagnuolo

Introduzione

L'utilizzo di macroalghe per l'alimentazione umana è in costante aumento, soprattutto in Europa (FAO 2018). L'interesse verso questi organismi è giustificato dagli elevati valori nutrizionali che in essi si rinvergono (Loureiro et al. 2015). In tal senso, molto interessanti sono le specie dei generi *Porphyra* e *Pyropia*, conosciute commercialmente con il nome di "nori" (Giappone) o "laver" (Nord Europa).

La necessità di individuare una specie altamente produttiva in Europa, che fosse in grado di sostenere una coltivazione di tipo industriale, ha trovato riscontro in *Porphyra dioica* J.Brodie & L.M.Irvine, entità presente in tutto il Nord Europa con un limite inferiore di distribuzione a più basse latitudini rispetto ai congeneri e che è considerata adatta all'acquacoltura (Holmes, Brodie 2004, Pereira et al. 2004). Questa specie, come le altre del genere *Porphyra*, è caratterizzata da un ciclo biologico in cui talli laminari gametofitici di medie dimensioni si alternano con filamenti sporofitici microscopici (fase conchocelis).

L'obiettivo di questo studio è valutare alcuni parametri (intensità luminosa e fotoperiodo) sulla crescita del gametofito e studiare la fase conchocelis in free-living. La parte sperimentale di questo lavoro è stata condotta in collaborazione con l'Università di A Coruña (Spagna) presso il laboratorio (BIOCOST).

Materiali e Metodi

Talli di *P. dioica* sono stati raccolti in Spagna sulle coste della Galizia nord-occidentale (43°20'27,0"N-8°21'49,2"W), nel corso del mese di marzo 2019. Il campionamento dei talli, localizzati su substrato roccioso, è avvenuto in un momento di bassa marea. Dopo aver rimosso l'eccesso di acqua, le alghe sono state trasferite in laboratorio dove sono state controllate al fine di rimuovere eventuali epifiti ed organismi estranei.

Il lavoro ha previsto tre linee di sperimentazione.

La prima di queste aveva come obiettivo lo studio dell'incidenza del fotoperiodo sulla crescita dei gametofiti. A tale scopo, talli gametofitici sono stati posti in 3 vasche da 150 L, contenenti acqua di mare microfiltrata (10 µm), con una densità iniziale di 2 g/L, costantemente insufflate con aria. La coltura era condotta alla temperatura di 14 °C e illuminata con lampade al neon commerciali, poste in prossimità della superficie dell'acqua (300 µE

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Periodicamente sono stati aggiunti i nutrienti (soluzione di von Stoch N:P=7:1) insieme a 1 mL/L di Penicillina G sodica e 5 mL/L di GeO_2 per limitare rispettivamente la crescita di batteri e diatomee. Ciascuna vasca di coltura è stata illuminata per un fotoperiodo diverso: “long day” (LD) 16:8 (16 ore di luce seguite da 8 ore di buio), “day neutral” (DN) 12:12 e “short day” (SD) 8:16. Ogni sette giorni i gametofiti sono stati pesati e confrontati con il peso fresco iniziale.

La seconda linea di sperimentazione ha valutato l’incidenza dell’intensità luminosa sulla crescita dei talli. Porzioni circolari di gametofiti (diametro 3 cm) sono state isolate, messe in coltura in minipiastre Petri da 6 celle ed esposte ad un fotoperiodo DN, a 14 °C, nel mezzo colturale arricchito con la soluzione di von Stoch. Gruppi di 2 piastre (12 porzioni di tallo per ogni gruppo) sono stati esposti ciascuno a intensità luminosa differente: 250 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (“high intensity”, HI), 140 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (“medium intensity”, MI) e 70 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (“low intensity”, LI). A supporto dei dati ottenuti è stato anche valutato lo stato di salute delle lamine attraverso l’indice Fv/Fm (fluorescenza variabile/fluorescenza massima della clorofilla), comunemente usato per ottenere informazioni sulla risposta allo stress luminoso, misurando l’attività fisiologica del fotosistema II (PSII) nelle piante e nelle alghe.

La terza linea di sperimentazione è stata improntata sull’isolamento di carpospore e la successiva coltivazione del conchocelis in “free-living”. Le carpospore sono state prelevate e messe in coltura con un’intensità luminosa pari a 22 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, temperatura di 6 °C (per i primi dieci giorni) e 8 °C (per i successivi trenta giorni) ad un fotoperiodo DN, senza l’aggiunta di nessun substrato calcareo (né artificiale, né naturale) e senza nessun apporto di carbonato di calcio, per valutare un approccio che fosse in controtendenza a quello effettuato nelle farm.

Risultati

Per quanto riguarda l’incidenza del fotoperiodo è stato evidenziato come il trattamento LD sia stato quello più efficace in termini di resa in biomassa. Relativamente all’intensità luminosa, il gruppo sottoposto ad un’irradianza pari a 140 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ha evidenziato, anche se in misura non marcata, una maggiore crescita del tallo. Lo stato di salute delle lamine, valutato con l’indice Fv/Fm, ha mostrato per il gruppo sottoposto a 250 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ di intensità luminosa un più basso valore rispetto agli altri due gruppi, quindi uno stress luminoso marcato. Inoltre, la coltivazione della fase a conchocelis in “free-living” senza l’utilizzo di substrato calcareo o aggiunta di carbonato di calcio nel mezzo di coltura ha dato ottimi risultati (dopo cinquanta giorni).

Discussione

Sulla base dei risultati ottenuti, seppur preliminari, è possibile quindi affermare che *P. dioica* è un valido candidato per l’acquacoltura in quanto ha evidenziato ottime potenzialità per sostenere una coltivazione massiva per la produzione di “nori”. Ulteriori ricerche dovrebbero riguardare l’identificazione molecolare della specie, l’identificazione e la caratterizzazione di eventuali patogeni (batterici e fungini) che incidono sulla produzione e lo studio di altri parametri (es. temperatura) che incidono sulla crescita di quest’alga.

Letteratura citata

- FAO (2018) The State of World Fisheries and Aquaculture 2018-Meeting the sustainable development goals. FAO Rome, Italy. 210 pp.
- Holmes MJ, Brodie J (2004) Morphology, seasonal phenology and observations on some aspects of the life history in culture of *Porphyra dioica* (Bangiales, Rhodophyta) from Devon, UK. *Phycologia* 43(2): 176-188.
- Loureiro R, Gachon CM, Rebours C (2015) Seaweed cultivation: potential and challenges of crop domestication at an unprecedented pace. *New Phytologist* 206(2): 489-492.
- Pereira R, Sousa-Pinto I, Yarish C (2004) Field and culture studies of the life history of *Porphyra dioica* (Bangiales, Rhodophyta) from Portugal. *Phycologia* 43(6): 756-767.

Candidato: Damiano Spagnuolo

Relatore: Giuseppa Genovese

Correlatore: Javier Cremades Ugarte

Dipartimento di Scienze Chimiche, Biologiche, Farmaceutiche ed Ambientali, Università di Messina, Viale Ferdinando Stagno d’Alcontres 31, 98166 Messina

Anno di discussione: 2019

Flora della città di Milano: distribuzione della biodiversità nei diversi ambienti urbani

C. Toffolo

Introduzione

Il rapido aumento su scala globale del fenomeno dell’urbanizzazione ha reso necessario studiarne l’impatto

sull'ambiente e sulla biodiversità. Le città si caratterizzano per un'elevata eterogeneità degli habitat, un forte disturbo antropico e una particolare sensibilità al fenomeno delle invasioni biologiche. Nell'ambito della biodiversità urbana, la flora occupa un ruolo di fondamentale importanza.

Gli obiettivi della presente tesi sono aggiornare la Flora di Milano (Banfi, Galasso 1998), analizzare la biodiversità vegetale nei diversi ambienti urbani, valutare l'abbondanza delle specie alloctone ed individuare i relativi ambienti di maggior diffusione.

Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto a Milano (Nord Italia) all'interno di un quadrante floristico della cartografia floristica europea di 6×5 km, a sua volta suddiviso in 4 sotto-quadranti, situato nel centro della città. Il lavoro di campo, eseguito nel corso della stagione vegetativa 2018, è stato svolto secondo un campionamento stratificato in diversi ambienti scelti sulla base di un'analisi preliminare della carta d'uso del suolo "DUSAF 2015" della Regione Lombardia. Sono stati presi in considerazione 6 habitat: 1. zone urbanizzate (es. aree residenziali, piccole strade e marciapiedi); 2. reti stradali; 3. zone produttive e di impianti pubblici e privati (es. piazze o luoghi di interesse storico); 4. parchi; 5. reti ferroviarie; 6. aree agricole. Per l'identificazione è stata usata "Flora d'Italia" (Pignatti 1982), mentre per la nomenclatura e la distribuzione si è fatto riferimento alle Checklist della flora autoctona (Bartolucci et al., 2018a) e alloctona (Galasso ed al. 2018a) d'Italia e successivi aggiornamenti (Bartolucci et al. 2018b, Galasso et al. 2018b). I taxa rinvenuti sono stati archiviati in un database con le seguenti informazioni: famiglia, appartenenza al contingente autoctono o alloctono, forma biologica, corologia, categoria CSR di Grime, valore di urbanità e indici di Ellenberg. I dati sono stati quindi elaborati mediante test dell'ANOVA e di Kruskal-Wallis, per valutare la distribuzione delle specie nei diversi ambienti urbani.

Risultati

In totale sono state censite 300 specie, appartenenti a 62 famiglie (in prevalenza Asteraceae e Poaceae). Lo spettro biologico è risultato dominato da terofite ed emicriptofite, mentre lo spettro corologico ha evidenziato una predominanza del corotipo eurimediterraneo. È stata osservata un'alta percentuale della componente alloctona, pari al 25,4% della flora complessiva (di cui 12,5% aliene invasive, 8,8% naturalizzate, 4,1% casuali). Le aree ferroviarie hanno mostrato la percentuale più alta di specie alloctone (28,8%) ed i parchi la maggior presenza di specie invasive (19,4%). Le aree agricole, invece, sono risultate caratterizzate da un maggior tasso di specie native (73,7%), oltre che da una maggiore ricchezza floristica (152 specie). Le aree urbane hanno evidenziato la presenza del minor numero di specie (in media 36 specie). Sono state riscontrate differenze significative tra le zone urbanizzate e le zone di impianti pubblici e privati per quanto riguarda la biodiversità e l'incidenza delle emicriptofite.

Discussione

Il lavoro svolto ha evidenziato la notevole ricchezza floristica della città di Milano, distribuita in modo non uniforme nei diversi habitat presenti. È stata riscontrata, tuttavia, un'abbondante presenza di specie aliene. Tale dato non sorprende in quanto le città sono caratterizzate da un'elevata eterogeneità ambientale e soggette ad un elevato disturbo antropico che favoriscono la presenza delle specie esotiche (Kowarik 1995). Lo sviluppo dell'area urbana milanese ha portato ad una complessiva omogeneizzazione della sua flora (Banfi, Galasso 1998). Questa omogeneizzazione biologica è stata riscontrata anche nel corso del presente lavoro soprattutto nelle zone maggiormente urbanizzate e lungo le reti stradali. Entrambi questi ambienti sono caratterizzati da un'elevata percentuale di superficie asfaltata, da un elevato disturbo antropico e da condizioni difficili per la vita vegetale (temperature elevate, condizioni xeriche, inquinamento, traffico autoveicolare, calpestio) che, nel complesso, determinano una banalizzazione della flora. Le aree ricadenti nell'ambito delle zone produttive e di impianti pubblici e privati, invece, si sono rivelate molto interessanti in termini di ricchezza floristica. Questo perché si tratta di zone che, seppur all'interno di un contesto urbano, presentano comunque molte aree verdi gestite. In particolare, il sito più interessante si è dimostrato quello del Castello Sforzesco. Si conferma pertanto, anche per la città di Milano, l'importanza naturalistica dei siti di interesse storico in quanto zone rifugio per la biodiversità. Un altro ambiente considerato, un hotspot di biodiversità all'interno dell'area urbane, è quello dei parchi. È interessante notare che la più alta percentuale di specie alloctone invasive è stata trovata proprio nell'ambito dei parchi studiati. Da tale evidenza si rende necessaria una migliore gestione di questi spazi, in un'ottica di controllo ed eradicazione delle specie aliene. Anche nelle aree ferroviarie indagate è stata rilevata una massiccia presenza di specie aliene. Questi ambienti possono essere considerati come corridoi ecologici all'interno dei quali le specie vegetali si insediano e si disperdono, dunque siti interessanti per le dinamiche della flora urbana. L'area agricola di Forlanini si è rivelata il sito cittadino con il maggior grado di biodiversità e dove i fenomeni di omogeneizzazione sono risultati meno marcati. La permanenza in quest'area di ambienti semi-naturali ha offerto rifugio alle specie native in un contesto circostante sempre più disturbato.

In conclusione, è possibile affermare che l'eterogeneità degli ambienti urbani ed i diversi gradi di pressione

antropica cui sono sottoposti influenzano la distribuzione della biodiversità vegetale all'interno della città di Milano. Solo un'adeguata conoscenza della flora urbana può consentire la sua conservazione ed il mantenimento dei servizi ecosistemici ad essa correlati.

Letteratura citata

- Banfi E, Galasso G (1998) La flora spontanea della città di Milano alle soglie del terzo millennio e i suoi cambiamenti a partire dal 1700. *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano* 28(1): 267-388.
- Bartolucci F, Domina G, Ardenghi NMG, Banfi E, Bernardo L, Bonari G, Buccomino G, Calvia G, Carruggio F, Cavallaro V, Chianese G, Conti F, Facioni L, Del Vico E, Di Gristina E, Falcinelli F, Forte L, Gargano D, Mantino F, Martino M, Mei G, Mereu G, Olivieri N, Passalacqua NG, Paziienza G, Peruzzi L, Roma-Marzio F, Scafidi F, Scoppola A, Stinca A, Nepi C (2018b) Notulae to the Italian native vascular flora: 5. *Italian Botanist* 5: 71-81.
- Bartolucci F, Peruzzi L, Galasso G, Albano A, Alessandrini A, Ardenghi N M G, Astuti G., Bacchetta G, Ballelli S, Banfi E, Barberis G, Bernardo L, Bouvet D, Bovio M, Cecchi L, Di Pietro R, Domina G, Fascetti S, Fenu G, Festi F, Foggi B, Gallo L, Gottschlich G, Gubellini L, Iamónico D, Iberite M, Jiménez-Mejías P, Lattanzi E, Marchetti D, Martinetto E, Masin R R, Medagli P, Passalacqua N G, Peccenini S, Pennesi R, Pierini B, Poldini L, Prosser F, Raimondo F M, Roma-Marzio F, Rosati L, Santangelo A, Scoppola A, Scortegagna S, Selvaggi A, Selvi F, Soldano A, Stinca A, Wagensommer R P, Wilhalm T, Conti F (2018a) An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems* 152(2): 179-303.
- Galasso G, Conti F, Peruzzi L, Ardenghi N M G, Banfi E, CelestiGrapow L, Albano A, Alessandrini A, Bacchetta G, Ballelli S, Bandini Mazzanti, Barberis G, Bernardo L, Blasi C, Bouvet D, Bovio M, Cecchi L, Del Guacchio E, Domina G, Fascetti S, Gallo M L, Gubellini L, Guiggi A, Iamónico D, Iberite M, Jiménez-Mejías P, Lattanzi E, Marchetti D, Martinetto E, Masin R R, Medagli P, Passalacqua N G, Peccenini S, Pennesi R, Pierini B, Podda L, Poldini L, Prosser F, Raimondo F M, Roma-Marzio F, Rosati L, Santangelo A, Scoppola A, Scortegagna S, Selvaggi A, Selvi F, Soldano A, Stinca A, Wagensommer R P, Wilhalm T, Bartolucci F (2018a) An updated checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosystems* 152(3): 556-592.
- Galasso G, Domina G, Adorni M, Ardenghi NMG, Bonari G, Buono S, Cancellieri L, Chianese G, Ferretti G, Fiaschi T, Forte L, Guarino R, Labadessa R, Lastrucci L, Lazzaro L, Magrini S, Minuto L, Mossini S, Olivieri N, Scoppola A, Stinca A, Turcato C, Nepi C (2018b) Notulae to the Italian alien vascular flora: 5. *Italian Botanist* 5: 45-56.
- Kowarik I (1995) On the role of alien species in urban flora and vegetation. In: Pyšek P, Prach K, Rejmánek M, Wade M (Eds) *Plant invasions: General Aspects and Special Problems*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Pignatti S (1982) *Flora d'Italia* 1-3. Edagricole, Bologna. 790 pp. vol. 1, 732 pp. vol. 2, 780 pp. vol. 3.

Candidato: Chiara Toffolo

Relatore: Sandra Citterio

Correlatori: Rodolfo Gentili, Gabriele Galasso

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università di Milano Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano

Anno di discussione: 2019

Il ruolo del biofilm algale nel regolare l'abbondanza del gasteropode a rischio di estinzione *Patella ferruginea*

I. Provera

Introduzione

Patella ferruginea Gmelin, 1791, mollusco gasteropode endemico del Mediterraneo, è considerata una delle specie marine a più alto rischio di estinzione ed è attualmente inclusa nella Direttiva del Consiglio Europeo 92/43/CEE (Espinosa et al. 2009). La specie è particolarmente danneggiata, sia dall'inquinamento delle acque superficiali (Espinosa et al. 2014), sia dalla raccolta indiscriminata da parte dell'uomo (Cristo et al. 2007, Tlig-Zouari et al. 2010). La sua distribuzione sembra essere influenzata anche dalla composizione della comunità microfitobentonica. L'obiettivo di questo lavoro di tesi è indagare in dettaglio il ruolo del biofilm algale sull'abbondanza di *P. ferruginea*.

Materiali e Metodi

Disegno di campionamento. Il progetto è stato condotto in differenti siti all'interno dell'Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo (Sardegna Nord-orientale), dove *P. ferruginea* è presente con popolazioni di varie dimensioni. Lo studio ha previsto due diversi esperimenti misurativi di campo che hanno consentito di investigare le potenziali differenze nella composizione del biofilm algale in diverse condizioni di abbondanza di *P. ferruginea* e di tipologia di substrato. Il primo esperimento è stato condotto lungo le coste dell'isola di Molarotto, seguendo un disegno sperimentale a 2 fattori: 1. abbondanza, ricavata grazie ad un'indagine effettuata nell'estate 2017, quantificata secondo 3 livelli: High Abundance (PfA_H), Medium Abundance (PfA_M), Low

Abundance (PfA_L); 2. tempo, quantificato secondo 3 livelli: inizio estate (T₁), estate inoltrata (T₂), autunno (T₃) (n=3). Il secondo esperimento è stato condotto durante il periodo estivo presso l'isola di Tavolara, secondo un disegno sperimentale ad un solo fattore: substrato, quantificato secondo 2 livelli: granito vs. calcare (n=3).

Caratterizzazione della comunità microalgale. I campioni sono stati raccolti nel piano sopralitorale utilizzando il "brush sampler", secondo il metodo descritto da Caronni et al. (2014) e fissati con una soluzione di Lugol e acqua di mare. La caratterizzazione del biofilm algale è stata effettuata utilizzando un microscopio a rovesciamento seguendo il metodo Utermöhl (Abbate et al. 2007). La densità cellulare è stata espressa in cellule mL⁻¹. Per la classificazione tassonomica sono stati utilizzati i principali testi di riferimento (Round et al. 1990, Hasle, Syvertsen 1996, Boni et al. 2005, Hoppenrath et al. 2014).

Parametri ambientali. In ciascun sito sono stati raccolti anche dati riguardanti il flusso idrodinamico, la concentrazione di azoto e fosforo e la temperatura superficiale dell'acqua, all'inizio e alla fine del periodo di studio (S1, S2).

Analisi statistiche. I dati raccolti sono stati analizzati con tecniche di analisi multivariata e univariata.

Risultati

Esperimento 1. Nei tre siti considerati lungo le coste dell'Isola di Molarotto, la comunità microfitobentonica è risultata composta principalmente da microalghe appartenenti alle Bacillariophyceae (34 generi identificati), Dinophyceae (10 generi identificati) e cianobatteri. Le analisi multivariate hanno evidenziato differenze significative nella composizione della comunità (P<0,05) tra i siti indagati (PfA_H, PfA_M, PfA_L) in relazione al tempo di campionamento (T₁, T₂, T₃). Riguardo ai parametri ambientali, essi non sono risultati statisticamente differenti (P>0,05) tra i siti. La differenza nella composizione della comunità è risultata maggiore tra i siti che ospitano una bassa (PfA_L) e una media (PfA_M) abbondanza del gasteropode, e inferiore tra i siti con abbondanza maggiore (PfA_H) e inferiore (PfA_L). I generi che sembrano aver contribuito maggiormente alle differenze osservate sono risultati *Licmophora*, *Leptocylindrus*, *Berkeleya* e *Navicula* per le Bacillariophyceae, *Ostreopsis* per le Dinophyceae. Le analisi univariate hanno evidenziato differenze significative nelle densità cellulari per i cinque generi considerati e per i cianobatteri, sia tra i tre siti con diversa abbondanza di *P. ferruginea*, sia tra i tre tempi di campionamento.

Esperimento 2. Le comunità di microalghe bentoniche raccolte lungo le coste dell'Isola di Tavolara sono risultate composte da Bacillariophyceae (25 generi sul substrato calcareo, 24 generi sul substrato granitico) Dinophyceae (6 generi sul substrato calcareo, 5 generi sul substrato granitico) e cianobatteri. Le analisi statistiche non hanno evidenziato differenze significative nella composizione della comunità tra i due tipi di substrato (P>0,05).

Discussione

I risultati ottenuti dall'esperimento 1 evidenziano la possibile influenza della composizione della comunità microalgale nel regolare la distribuzione e l'abbondanza di *P. ferruginea*. Ad inizio estate le microalghe appartenenti alle Bacillariophyceae sono risultate essere dominanti all'interno della comunità, con una densità significativamente elevata nel sito ospitante la popolazione più cospicua del gasteropode. Nei mesi successivi, un calo nella densità di questo gruppo tassonomico è stato registrato solamente nel sito con un alto numero di esemplari di *P. ferruginea*. Questo risultato ha suggerito una preferenza alimentare del gasteropode verso le microalghe appartenenti alle Bacillariophyceae. I principali generi osservati all'interno della comunità sono risultati essere *Licmophora*, *Navicula*, *Berkeleya* e *Leptocylindrus*. Studi condotti da Siqueiros-Beltrones et al. (2005) e Burgos-Rubio et al. (2015) sui contenuti intestinale di *P. ferruginea* e altri gasteropodi, confermano la presenza dei generi *Berkeleya*, *Licmophora* e *Navicula* nelle loro diete e di conseguenza il loro possibile ruolo nell'influenzarne la distribuzione e l'abbondanza. Per quanto concerne le microalghe appartenenti alle Dinophyceae, ed in particolare al genere *Ostreopsis*, la loro distribuzione è risultata simile tra i tre siti e questo può essere dovuto al fatto che molte di esse sono poco appetibili per i pascolatori come *P. ferruginea* poiché tossiche. Riguardo alla distribuzione e densità dei cianobatteri, essa è risultata complessivamente simile a quella delle Bacillariophyceae, con una densità significativamente maggiore nelle aree in cui il gasteropode è meno abbondante, suggerendo che anche i cianobatteri potrebbero svolgere un ruolo importante nella sua dieta. I dati del secondo esperimento misurativo, nonostante che i substrati indagati, granito e calcare, presentino rugosità e composizione mineralogica diverse, indicano che la composizione e la densità delle comunità microalgale e di conseguenza l'abbondanza di *P. ferruginea* sono indipendenti dalla natura del substrato. I risultati di questa ricerca sono di particolare importanza per la gestione della MPA di TPCC, poiché la profonda conoscenza delle condizioni di sopravvivenza e delle preferenze alimentari di questa specie potrebbero rappresentare in futuro un importante punto di partenza per ulteriori studi sulla sua reintroduzione.

Letteratura citata

Abbate M, Bordone A, Cerrati G, Lisca A, Peirano A (2007) Variabilità della distribuzione e densità di *Ostreopsis ovata* nel Golfo della Spezia. *Biologia Marina Mediterranea* 14(2): 286-287.

- Boni L, Guerrini F, Pistocchi R, Cangini M, Pompei M, Cucchiari E, Romagnoli T, Totti C (2005) Microalghe tossiche del Medio e Alto Adriatico. Guida per acquacoltori e operatori sanitari. Casa editrice Fernandel, Ravenna.
- Burgos-Rubio V, De la Rosa J, Altamirano M, Espinosa F (2015) The role of patellid limpets as omnivorous grazers: a new insight into intertidal ecology. *Marine Biology* 162(10): 2093-2106.
- Caronni S, Delaria MA, Navone A, Panzalis P, Sechi N, Ceccherelli G (2014) Relevant scales of variability of the benthic allochthonous microalga *Chrysophaeum taylorii*. *Marine Biology* 161(8): 1787-1798.
- Cristo B, Caronni S, Floris A (2007) Osservazioni su *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca, Gastropoda) nel Golfo di Olbia. *Biologia Marina Mediterranea* 14(2): 344-345.
- Espinosa F, Rivera-Ingraham GA, Fa D, García-Gómez JC (2009) Effect of human pressure on population size structures of the endangered ferruginean limpet: toward future management measures. *Journal of Coastal Research* 25(4): 857-863.
- Espinosa F, Rivera-Ingraham GA, Maestre M, González AR, Bazairi H, García-Gómez JC (2014) Updated global distribution of the threatened marine limpet *Patella ferruginea* (Gastropoda: Patellidae): an example of biodiversity loss in the Mediterranean. *Oryx* 48(2): 266-275.
- Hasle GR, Syvertsen EI (1996). Marine diatoms. In: Tomas CR (Ed) Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, San Diego.
- Hoppenrath M, Murray SA, Chomérat N, Horiguchi T (2014) Marine benthic dinoflagellates - unveiling their worldwide biodiversity. *Schweizerbart Science*, Stuttgart. 276 pp.
- Round FE, Crawford RM, Mann DG (1990) The Diatoms. *Biology & Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747 pp.
- Siqueiros-Beltrones D, del Prío SG, Serviere-Zaragoza E (2005) Main Diatom Taxa in the Natural Diet of Juvenile *Haliotis fulgens* and *H. corrugata* (Mollusca: Gastropoda) in Bahía Tortugas and Bahía Asunción, BCS, México. *Pacific Science* 59(4): 581-593.
- Tlig-Zouari S, Rabaoui L, Fguiri H, Ben Hassine OK (2010) Status, habitat and distribution of the endangered limpet *Patella ferruginea* along the northern and eastern Tunisian coastline: results and implications for conservation. *Cahiers de Biologie Marine* 51(1): 75-84.

Candidato: Isabella Provera

Relatore: Sandra Citterio

Correlatore: Sarah Caronni

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università di Milano Bicocca, Piazza dell'Ateneo Nuovo 1, 20126 Milano

Anno di discussione: 2019

AUTORI

Luigi Marfella, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università della Campania

Luigi Vanvitelli, Via Vivaldi 43, 81100 Caserta

Ilaria Burlini, Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie, Università di Ferrara, Piazzale Chiappini 3, 44121 Ferrara

Alessio Sordo, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Sezione di Botanica e Orto Botanico, Università di Cagliari, Via Sant'Ignazio da Laconi 13, 09123 Cagliari

Matteo Tignonsini, Anna Gilioli, Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie, Università di Ferrara, Via Luigi Borsari 46, 44121 Ferrara

Angela Incerto, Dipartimento di Medicina clinica, Sanità pubblica, Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università dell'Aquila, Piazzale Salvatore Tommasi 1, Blocco 11, 67010 L'Aquila

Giulia Albani Rocchetti, Dipartimento di Scienze, Università di Roma Tre, Viale Guglielmo Marconi 446, 00146 Roma

Elisa Furia, Eleonora Clò, Federico Ravarotto, Michela Boscaini, Simona Fortini, Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 287, 41125 Modena

Marco Varricchione, Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università del Molise, Via Francesco de Sanctis s.n.c, 86100 Campobasso

Francesco Pio Tozzi, Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università del Molise, Via Francesco de Sanctis s.n.c, 86100 Campobasso

Maria Beatrice Castellani, Dipartimento di Biologia, Università di Firenze, Via Giorgio La Pira 4, 50121 Firenze

Francesca Olivieri, Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, Via Derna 1, 56126 Pisa

Arianna Amadori, Dipartimento di Chimica e Farmacia, Università di Sassari, Via Piandanna 4, 07100 Sassari

Damiano Spagnuolo, Dipartimento di Scienze Chimiche, Biologiche, Farmaceutiche ed Ambientali, Università di Messina, Viale Ferdinando Stagno d'Alcontres 31, 98166 Messina

Chiara Toffolo, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università di Milano Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano

Isabella Provera, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università di Milano Bicocca, Piazza dell'Ateneo Nuovo 1, 20126 Milano

Responsabile della Rubrica: Adriano Stinca (adriano.stinca@unicampania.it; adriano.stinca@unina.it), Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche, Università della Campania Luigi Vanvitelli, Via Vivaldi 43, 81100 Caserta