



Riunioni scientifiche dei Gruppi di Lavoro
e delle Sezioni Regionali della
Società Botanica Italiana onlus

**Atti della Riunione scientifica annuale della
Sezione Regionale Pugliese**

(a cura di M. De Tullio e M. Terzaghi)

26 gennaio 2024, Lecce

In copertina: *Antirrhinum majus* L. subsp. *tortuosum* (Bosc. ex Lam.) Rouy, Isole Tremiti, Maggio 2024
foto di Marcello Salvatore Lenucci

L'alga bruna invasiva *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Heterokontophyta) continua la sua preoccupante espansione: prima segnalazione nel Mare Adriatico

A. Bottalico, A. Tursi, A. Mincuzzi

Le specie aliene o esotiche o NIS (acronimo inglese di “Non-Indigenous Species”) attualmente costituiscono una delle principali cause del declino della biodiversità. Il Mar Mediterraneo, in particolare, è considerato un vero e proprio hotspot di invasioni biologiche, ospitando oltre 1.000 specie non indigene, 142 delle quali sono alghe (Galanidi et al. 2023). Nell’ambito del Regolamento UE 1143/14, adottato per prevenire e gestire l’introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive, una sola macroalga è stata inserita nella lista di rilevanza unionale. Si tratta dell’alga bruna *Rugulopteryx okamurae* (E. Y. Dawson) I. K. Hwang, W. J. Lee & H. S. Kim. Questa specie, nativa dell’Oceano Pacifico occidentale, è stata segnalata per la prima volta in Mediterraneo nel 2002 nella Laguna di Thau (Francia), molto probabilmente correlata all’importazione dell’ostrica giapponese *Magallana gigas* (Verlaque et al. 2009). A partire dal 2015, *R. okamurae* si è rapidamente diffusa nello Stretto di Gibilterra e nella regione francese della Provenza, nonché nelle acque atlantiche delle Azzorre e dell’isola di Madeira, causando notevoli problemi ecologici, turistici e socioeconomici (García-Gómez et al. 2020).

In questo lavoro si riporta la prima segnalazione di *R. okamurae* per le coste italiane. La specie è stata ritrovata ad aprile 2023 nel vecchio porto di Bari (Puglia), in un’area fortemente antropizzata e soggetta a numerosi input organici e inorganici; pochi mesi dopo, è stata anche segnalata lungo le coste siciliane, nel Golfo di Palermo (Bellissimo et al. 2023). Tra ottobre e gennaio 2023, la presenza di *R. okamurae* è stata riscontrata in altri due siti baresi: uno immediatamente a ridosso di quello che è l’attuale porto commerciale e turistico della città, l’altro situato immediatamente a nord dell’area portuale, dove sono stati raccolti solo talli spiaggiati. Le osservazioni morfo-anatomiche e le indagini molecolari, basate sulle regioni geniche *rbcl* e *psbA*, ne hanno confermato l’identificazione. Al momento, è stata osservata solo propagazione vegetativa tramite propaguli. Questa caratteristica, unitamente alla tolleranza ad un ampio range di parametri ambientali, alla produzione di metaboliti secondari, come il dilkamural (Casal-Porras et al. 2021), e alla mancanza di competitori e predatori specifici, sono risultati fattori chiave nel favorire la forte invasività della specie che attualmente, nell’area indagata, ha occupato circa 6,5 ettari di fondale. Considerando le segnalazioni ad oggi note, il nostro costituisce il primo record di *R. okamurae* nel Mare Adriatico e quello più orientale del bacino mediterraneo, confermando un trend in espansione della specie invasiva. Come potenziali pathways di introduzione primaria si possono considerare il trasporto marittimo, visto che il porto di Bari è attraversato da numerose rotte crocieristiche e commerciali, e quello di molluschi bivalvi.

Protocolli di monitoraggio mirati e periodici potranno essere utili a valutare la dinamica delle popolazioni e gli effetti sulle comunità autoctone, anche se dati preliminari già suggeriscono un’interazione negativa con l’angiosperma marina *Cymodocea nodosa* [(Ucria) Asch.).

Letteratura citata

- Bellissimo G, Altamirano M, Muñoz AR, De la Rosa J, Hung TH, Rizzuto G, Vizzini S, Tomasello A (2023) The invasive brown seaweed *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) continues to expand: first record in Italy. bioRxiv 2023.09.23.559131; doi: <https://doi.org/10.1101/2023.09.23.559131>.
- Casal-Porras I, Zubía E, Brun FG (2021). Dilkamural: A novel chemical weapon involved in the invasive capacity of the alga *Rugulopteryx okamurae* in the Strait of Gibraltar. Estuarine, Coastal and Shelf Science (257): 107398.
- Galanidi M, Aissi M, Ali M, Bakalem A, Bariche M, Bartolo AG, Bazairi H, Beqiraj S, Bilecenoglu M, Bitar G et al. (2023) Validated Inventories of Non-Indigenous Species (NIS) for the Mediterranean Sea as Tools for Regional Policy and Patterns of NIS Spread. Diversity (15): 962. <https://doi.org/10.3390/d15090962>.
- García-Gómez JC, Sempere-Valverde J, González AR, Martínez-Chacón M, Olaya-Ponzzone L, Sánchez-Moyano E, Ostalé Valriberas E, Megina C (2020) From exotic to invasive in record time: The extreme impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in the strait of Gibraltar. Science of the Total Environment (704): 1–9.
- Verlaque M, Steen F, De Clerck O (2009) *Rugulopteryx* (Dictyotales, Phaeophyceae), a genus recently introduced to the Mediterranean. Phycologia (48): 536–542.

AUTORI

Antonella Bottalico (antonella.bottalico@uniba.it), Andrea Tursi, Annamaria Mincuzzi, Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie e Ambiente (DBBA), Università di Bari Aldo Moro, Via Orabona 4, 70126 Bari
Annamaria Mincuzzi, Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante (IPSP), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via Amendola 122/D, 70126 Bari
Autore di riferimento: Antonella Bottalico

Caratterizzazione di microalghe e cianobatteri del suolo in un oliveto a gestione differenziata

A. Sofò, M.C. De Tullio, C. Crechchio, L. Lucini, R. Adesso

Le microalghe e i cianobatteri del suolo (SM&C) mostrano potenziali benefici per l'agricoltura sostenibile. Partecipano ai processi biogeochimici, arricchendo il suolo di biomassa, fornendo nutrienti (come l'azoto) essenziali per la crescita delle piante, creando un microambiente ospitale per le piante attraverso la produzione di composti bioattivi e stabilendo interazioni sinergiche con altri microrganismi del suolo. Lo scopo della ricerca è stato quello di caratterizzare le comunità di SM&C in un oliveto mediterraneo situato in un clima semi-arido (Ferrandina, Basilicata, Italia), sottoposto a un uso del suolo sostenibile (Smng) o convenzionale (Cmng) per 22 anni. Gli SM&C sono stati coltivati in due terreni liquidi selettivi contenenti N (per tutti) e senza N (solo per isolare i cianobatteri azotofissatori). I terreni Smng hanno presentato una quantità significativamente maggiore di microalghe ($2,210 \times 10^4$ g⁻¹ di suolo per Smng e $0,872 \times 10^4$ g⁻¹ di suolo in Cmng), e altrettanto di cianobatteri ($0,408 \times 10^2$ g⁻¹ di suolo in Smng e $0,240 \times 10^2$ g⁻¹ di suolo in Cmng). Le specie dominanti sono state rilevate mediante microscopia ottica e tecniche di metagenomica basate su 16S/18S/ITS rDNA. Diverse specie appartenenti ai generi *Trebouxia* e *Chaetophora* (alghe verdi), *Euglena* (euglenofite) e *Cymbella* (diatomee) sono stati predominanti nei suoli Cmng. D'altra parte, il genere di cianobatteri *Anabaena*, le alghe verdi *Oedogonium* e *Senedesmus*, e le diatomee *Navicula* e *Pinnularia* sono state più abbondanti nei suoli Smng. Il tipo di gestione del suolo ha causato un diverso profilo dei metaboliti intra ed extracellulari prodotti dagli SM&C, con un'evidente modulazione in aumento nei terreni Smng delle vie biosintetiche di metaboliti secondari, ormoni, acidi grassi e lipidi, alcuni dei quali con proprietà di promozione della crescita. Abbiamo dimostrato che, oltre alle loro numerose funzioni ecologiche essenziali, gli SM&C possono essere applicati per mantenere il suolo sano e promuovere la crescita delle piante.

Questo studio è stato condotto nell'ambito del Centro Nazionale di Ricerca Agritech e ha ricevuto un finanziamento dall'Unione Europea Next-Generation EU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) -MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). Questo manoscritto riflette solo il punto di vista e le opinioni degli autori; né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere considerate responsabili.

This study was carried out within the Agritech National Research Center and received funding from the European Union Next-Generation EU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) -MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). This manuscript reflects only the authors' views and opinions, neither the European Union nor the European Commission can be considered responsible for them.

AUTORI

Adriano Sofò (adriano.sofò@unibas.it), Rosangela Adesso, Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Architettura, Ambiente, Patrimoni Culturali (DiCEM), Università della Basilicata, Via Lanera 20, 75100 Matera

Mario C. De Tullio, Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università di Bari, Via Orabona 4, 70125 Bari

Carmine Crechchio, Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.), Via Giovanni Amendola, 165/a, 70126 Bari

Luigi Lucini, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una filiera agro-alimentare Sostenibile, Università Cattolica del Sacro Cuore, Via E. Parmense 84, 29122 Piacenza

Autore di riferimento: Adriano Sofò

La vegetazione dell'isola di Plavnik (Croazia) un secolo dopo i rilevamenti vegetazionali di Stjepan Horvatić

M. Terzi, N. Jasprica

Il prof. Stjepan Horvatić fu tra i primi botanici, negli anni '30, ad affrontare lo studio fitosociologico dei Balcani occidentali, con importanti contributi sulla sintassonomia delle praterie mediterranee (Horvatić 1963, Trinajstić 2001). In uno dei suoi primi lavori, oggetto della sua tesi di dottorato, Horvatić (1927) trattò della vegetazione dell'Isola di Plavnik, nel Kvarner (Croazia), e descrisse 4 associazioni di prateria-gariga: *Helichrysetum italici*, *Andropogonetum grylli*, *Asphodeletum microcarpii* e *Festucetum valesiacaе*. Tuttavia, queste associazioni non furono più menzionate nella letteratura scientifica successiva, ivi incluse le grandi revisioni sintassonomiche di

quei territori (e.g. Horvatić 1963, Horvat et al. 1974, Trinajstić 2008). Con l'obiettivo di fornire una descrizione più dettagliata di quelle associazioni così da poterle inquadrare nell'attuale quadro sintassonomico europeo, abbiamo effettuato nel maggio del 2023 uno studio della vegetazione dell'Isola di Plavnik attraverso 29 rilievi fitosociologici. Conseguentemente, è stato possibile valutare i cambiamenti vegetazionali avvenuti nel corso di quasi 100 anni (Terzi, Jasprica 2024).

L'associazione di prateria-gariga più diffusa sull'isole di Plavnik è l'*Helichrysetum italicum* la cui fisionomia è determinata da *Helichrysum italicum* (Fig. 1A), a cui si associano diverse altre specie frequenti nel *Chrysopogono grylli-Koelerion splendidis* Horvatić 1973 e nelle relative unità sintassonomiche di rango superiore (ordine *Scorzoneretalia villosae* Kovačević 1959, classe *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947). La composizione specifica rilevata resta molto simile a quella registrata da Horvatić (1927), fatta eccezione per l'assenza di *Chrysopogon gryllus*. Su alcuni versanti a maggiore pendenza l'associazione si presenta in un aspetto particolare differenziato da *Salvia officinalis* (*Helichrysetum italicum* Horvatić 1927 *Salvietosum officinalis* Terzi et Jasprica 2024, (Fig. 1B). A parte l'*Helichrysetum italicum*, le altre tre associazioni descritte da Horvatić (1927) risultano oggi estinte.

L'ampia area originariamente occupata dal '*Andropogonetum grylli*' nella parte meridionale dell'isola è oggi occupata da una distesa di vegetazione nettamente dominata da *Asphodelus ramosus*, mentre *Chrysopogon gryllus*, specie dominante del '*Andropogonetum grylli*', risulta raro sull'isola, forse a causa dell'intenso pascolamento. La vegetazione ad *Asphodelus ramosus* non è riconducibile allo *Asphodeletum microcarpi* descritto da Horvatić nel 1927 per piccole e limitate aree all'interno di più ampie estensioni del *Helichrysetum italicum* e del '*Andropogonetum grylli*', con cui condivideva molte specie. Attualmente, *Asphodelus ramosus* presenta una dominanza assoluta con valori di copertura spesso superiori al 90% (Fig. 1C) e con un corteggio floristico caratterizzato da diverse terofite. Questa comunità, descritta con una nuova associazione (*Hedypnoido rhagadioloidis-Asphodeletum ramosi* Terzi et Jasprica 2024), occupa ampie distese lungo tutta la parte meridionale dell'isola. La sua diffusione è certamente dovuta al pascolo intenso e probabilmente anche ad incendi ripetuti. La posizione sintassonomica di questa associazione risulta abbastanza complessa e ancora da definire. Infatti, la classe *Charybdido pancrati-Asphodeletea ramosi* proposta da Biondi et al. (2016) per questo tipo di vegetazione, non è stata accolta nella EVC perché ancora insufficientemente supportata dal confronto con altre classi simili (Biurrun, Willner 2020). Anche il *Festucetum valesiaca* non è più presente sul plateau sommitale dell'isola. Questa associazione era caratterizzata da un basso numero di specie e, tra queste, numerose specie degli *Scorzoneretalia villosae*. Al suo posto, è stata rilevata una nuova associazione (*Festuco valesiaca-Poetum bulbosae* Terzi et Jasprica 2024: Fig. 1D) le cui specie dominanti sono *Poa bulbosa* e *F. valesiaca*, insieme a *Koeleria splendens* e diverse specie del genere *Trifolium* (*T. campestre*, *T. suffocatum*, *T. subterraneum*, *T. scabrum*). Questa nuova comunità è legata all'azione del pascolo e del calpestio. La presenza di diverse specie della classe *Poetea bulbosae* e del suo ordine *Poetalia bulbosae* (vedi Terzi et al. 2024), con valori di copertura abbastanza alti, ha permesso di segnalare per



Fig. 1

Vegetazione dell'isola di Plavnik (HR). A = *Helichrysetum italicum*; B = esecuzione di un rilievo nel *Helichrysetum italicum salvietosum officinalis*; C: *Hedypnoido rhagadioloidis-Asphodeletum ramosi*; D: *Festuco valesiaca-Poetum bulbosae*.

la prima volta questa classe in Croazia sulla base di dati fitosociologici. Nei Balcani, l'unica alleanza ascritta a questo ordine è il *Romuleion grecae* (vedi Terzi et al. 2024) le cui specie caratteristiche, tuttavia, mancano nel *Festuco valesiacae-Poetum bulbosae*. Ulteriori studi sono necessari per valutare la presenza di una eventuale seconda alleanza balcanica nell'ambito di questa classe. Questo lavoro ha dunque permesso di caratterizzare alcune comunità di particolare interesse sintassonomico presenti nell'isola di Plavnik e valutare i cambiamenti nella vegetazione avvenuti nel corso di quasi un secolo (Terzi, Jasprica 2024).

Letteratura citata

- Biondi E, Pesaresi S, Galdenzi D, Gasparri R, Biscotti N, Del Viscio G, Casavecchia S (2016) Post-abandonment dynamic on Mediterranean and sub-Mediterranean perennial grasslands: the edge vegetation of the new class Charybdis-Asphodeletea ramosi. *Plant Sociology* 53(2): 3–18.
- Biurrun I, Willner W (2020) First report of the European Vegetation Classification Committee (EVCC). *Vegetation Classification and Survey* (1): 145–147.
- Horvat I, Glavač V, Ellenberg H (1974) *Vegetation Südosteuropas*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Horvatić S (1927) Flora i vegetacija otoka Plavnika. *Acta Botanica Instituti Botanici Universitatis Zagrebensis* 2(1): 1–56.
- Horvatić S (1963) Vegetacijska karta otoka Paga s općim pregledom vegetacijskih jedinica Hrvatskog primorja. *Prirodoslovna Istraživanja* (33): 3–187.
- Terzi M, Jasprica N (2024). Changes in grassland vegetation on the island of Plavnik (Croatia) over 100 years. *Acta Botanica Croatica*, DOI: 10.37427/botcro-2024-014
- Terzi M, Jasprica N, Čarni A, Matevski V, Bergmeier E, Theurillat J-P (2024) Nomenclature of the Balkan alliance *Romuleion graecae* (*Poetea bulbosae*). *Acta Botanica Croatica*, DOI: 10.37427/botcro-2024-020
- Trinajstić I (2001) Stjepan Horvatić i Gabrijel Tomažič - pioniri fitocenoloških istraživanja travnjaka u Sloveniji. *Hladnikia* 12–13: 23–29.
- Trinajstić I (2008) Biljne zajednice republike Hrvatske. Akademija Šumarskih Znanosti, Zagreb.

AUTORI

Massimo Terzi (massimo.terzi@ibbr.cnr.it), Istituto di Bioscienze e Biorisorse, CNR, Via Giovanni Amendola 165/A, 70126 Bari, IT

Nenad Jasprica (nenad.jasprica@unidu.hr), Institute for Marine and Coastal Research, University of Dubrovnik, Dubrovnik, HR
Autore di riferimento: Massimo Terzi

Checklist della flora vascolare della Puglia: ultimi aggiornamenti

R.P. Wagensommer, P. Medagli

A sei anni di distanza dalla pubblicazione della checklist della flora vascolare autoctona e alloctona d'Italia (Bartolucci et al. 2018, Galasso et al. 2018), è in corso di stampa la checklist aggiornata (Bartolucci et al. 2024, Galasso et al. 2024). Per l'occasione è stato realizzato un confronto tra le conoscenze attuali sulla consistenza della flora della Puglia e quelle di sei anni prima (Wagensommer et al. 2018).

Allo stato attuale delle conoscenze, la flora della Puglia risulta composta come di seguito indicato (tra parentesi è riportata la differenza rispetto ai dati del 2018). Le entità autoctone (incluse le criptogeniche) sono 2.559 (+7 rispetto al 2018), mentre le entità alloctone segnalate nella regione sono 414 (+53), alle quali vanno aggiunti 26 (+1) *taxa* autoctoni in Italia ma alloctoni in Puglia, per un totale (tra specie e sottospecie) di 2.999 (+61) *taxa* (inclusi quelli la cui presenza attuale necessita di conferma, quelli ritenuti estinti e quelli la cui presenza è dubbia). Da questi numeri si evince come negli ultimi anni le segnalazioni di nuovi *taxa* per la Puglia abbiano riguardato prevalentemente le entità alloctone. La percentuale di *taxa* alloctoni sul totale della flora pugliese è oggi pari a 13,80% o a 14,67% (a seconda che si includano tra le autoctone o tra le alloctone le specie alloctone in Puglia ma autoctone in altre regioni italiane), mentre nel 2018 queste percentuali erano rispettivamente del 12,29% e del 13,14%.

Delle 414 entità alloctone, 84 (+4 rispetto al 2018) sono archeofite e 330 (+49) neofite; 246 (+40) sono le entità casuali, 124 (+14) quelle naturalizzate e 20 (-1) le invasive, mentre 13 (-2) sono le entità la cui presenza attuale necessita di conferme, 1 (+1) *taxon* è estinto e 10 (+1) sono i *taxa* la cui presenza è dubbia.

In Puglia sono segnalate 4 specie aliene invasive di rilevanza unionale (IAS), di cui due sono invasive nella regione [*Acacia saligna* (Labill.) H.L.Wendl., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle], una è naturalizzata [*Cenchrus setaceus* (Forssk.) Morrone], mentre una è dubitativamente presente (*Hydrocotyle ranunculoides* L.f.).

Per quanto riguarda i 2.559 *taxa* autoctoni, invece, la situazione è la seguente: 2.254 (+29 rispetto al 2018), di cui 34 (+1) criptogenici, sono considerati presenti, 138 (-8), di cui nessuno criptogenico (come nel 2018), sono

quelli presenti in passato ma la cui presenza attuale necessita di conferme, 9 (+1), di cui 1 (+1) criptogenico, quelli considerati estinti, mentre quelli la cui presenza è dubbia sono 158 (-15), di cui 1 criptogenico (come nel 2018). Dal confronto con i dati del 2018 (Wagensommer et al. 2018) emerge una riduzione delle specie di dubbia presenza e di quelle che necessitano di conferme recenti, con conseguente aumento dei *taxa* la cui presenza è accertata. Questo dato dimostra l'utilità della periodica pubblicazione di checklist floristiche, che indirizzino i botanici attivi sul territorio verso la ricerca di quelle specie che non sono state segnalate da tempo o le cui segnalazioni sono incerte, in modo da poter confermare o meno la loro presenza.

In Puglia le entità endemiche italiane sono 176 (-1 rispetto al 2018), di cui 148 (+2) presenti, 11 (-3) la cui presenza attuale necessita di conferme, 3 (come nel 2018) estinte e 14 (come nel 2018) dubbie. Di questi 176 *taxa* endemici italiani, 2 sono alloctoni in Puglia e 1 è criptogenico nella regione.

Considerando tutti i 2.999 *taxa* che compongono la flora della Puglia (entità autoctone+alloctone), 2.664 (+82 rispetto al 2018) sono le entità presenti, 155 (-10) quelle presenti in passato e la cui presenza attuale necessita di conferme, 10 (+2) le entità estinte e 170 (-13) quelle la cui presenza è dubbia.

Infine, le entità (autoctone+alloctone) segnalate per errore nel territorio pugliese sono 228 (+17 rispetto al 2018), anche se questo numero è sottostimato, in quanto non include, ad es., molte delle segnalazioni di *taxa* indicati per la Puglia sebbene completamente estranei alla flora italiana.

Letteratura citata

- Bartolucci F, Peruzzi L, Galasso G, Albano A, et al. (2018) An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems* 152(2): 179-303. <https://doi.org/10.1080/11263504.2017.1419996>
- Bartolucci F, Peruzzi L, Galasso G, Alessandrini A, et al. (2024) A second update to the checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems*, online first. <https://doi.org/10.1080/11263504.2024.2320126>
- Galasso G, Conti F, Peruzzi L, Alessandrini A, et al. (2024) A second update to the checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosystems*, online first. <https://doi.org/10.1080/11263504.2024.2320129>
- Galasso G, Conti F, Peruzzi L, Ardenghi NMG, et al. (2018) An updated checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosystems* 152 (3): 556-592. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1441197>
- Wagensommer RP, Albano A, Medagli P (2018) Flora vascolare della Puglia: checklist aggiornata. *Notiziario della Società Botanica Italiana* 2 (1): 8-9.

AUTORI

Robert Philipp Wagensommer (robertphilipp.wagensommer@unibz.it), Facoltà di Scienze della Formazione, Libera Università di Bolzano, Viale Ratisbona 16, 39042 Bressanone (Bolzano)

Piero Medagli (pietro.medagli@unisalento.it), Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Via Provinciale Lecce-Monteroni, 73100 Lecce

Autore di riferimento: Robert Philipp Wagensommer

Identificazione e caratterizzazione dei parametri ottimali per la produzione di specie vegetali orticole in sistemi fuori suolo

L.M. Curci, G. Piro, M. De Caroli

Il cambiamento climatico ha determinato numerose problematiche, tra le quali, un aumento delle temperature e della siccità, il verificarsi di eventi meteorologici estremi, l'incremento della velocità di degradazione del suolo e la salinizzazione delle riserve idriche. Le tecniche di coltura fuori suolo rappresentano una valida alternativa all'agricoltura tradizionale non essendo soggette a restrizioni dovute a fattori climatici e territoriali. Le coltivazioni fuori suolo tra cui l'idroponica permettono una produzione agricola, soprattutto nelle aree caratterizzate da una limitata disponibilità idrica, alte temperature e suolo degradato o antropizzato.

In questo studio è stata valutata la qualità di piante coltivate in terra e in idroponica appartenenti alle specie di *Cichorium intybus* L. var. *Otrantina* (cicoria) e *Beta vulgaris* L. var. *Bright Light* (bietola). Le analisi morfologiche effettuate sulle foglie hanno evidenziato che entrambe le specie orticole presentavano una crescita più vigorosa nel sistema idroponico rispetto a quelle coltivate in pieno campo, permettendo di effettuare più raccolti in cicli brevi. Le analisi biochimiche rivolte alla comparazione della biomassa, delle proteine, delle clorofille, dei carotenoidi e alla quantità di metaboliti secondari nelle piantine coltivate in pieno campo e in idroponica. Si è evidenziato che le piante cresciute in idroponica presentavano una capacità fotosintetica più elevata rispettando l'equilibrio delle clorofille rilevate; inoltre, il peso fresco delle specie cresciute in ambiente protetto era maggiore dimostrando che la continua disponibilità idrica ha portato ad un aumento della biomassa vegetale. Entrambe le specie cresciute fuori suolo hanno mostrato un contenuto minore di metaboliti secondari e di attività antiossidante rispetto a quelle coltivate in terra. Mentre nessuna differenza significativa è stata rilevata nel contenuto

proteico. Oltre alle qualità legate alla coltivazione ulteriori dati incoraggiano lo sviluppo delle tecniche fuori suolo. In particolare, è emerso che tali tecniche di coltivazione hanno portato ad un risparmio idrico del 95,5%, ad un risparmio di tempo di lavoro dell'operatore del 75% e ad un utilizzo ridotto della superficie coltivabile del (63,68%) per l'intera coltura. Queste indagini indicano che le tecniche fuori suolo possono sostituire la classica coltivazione in suolo in caso di specifiche necessità legate ai diversi scenari geografici o urbani di coltivazione. Si evidenzia che il ridotto contenuto di metaboliti richiede ulteriori studi per individuare le sollecitazioni abiotiche e biotiche che nella complessità dello scenario naturale contribuiscono al miglioramento qualitativo del prodotto.

AUTORI

Lorenzo Maria Curci (lorenzomaria.curci@unisalento.it), Gabriella Piro (gabriella.piro@unisalento.it), Monica De Caroli (monica.decaroli@unisalento.it). Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche e Ambientali, Università del Salento, Strada Provinciale Lecce-Monteroni, 73100 Lecce

Autore di riferimento: Lorenzo Maria Curci

Modellazione dei modi oscillatori di foglie e tricomi di *Arabidopsis*: Un primo passo per comprendere gli effetti degli stimoli vibrazionali sulle piante

R. Placi, A. Albano, L. Renna, E. Schioppa, G. Salerno, E. Masi, B. Spagnolo, G. Marsella, M. Viscardi, F. Rizzi, F. Nicassio, A. Maffezzoli, G. Scarselli, M.S. Lenucci

Le piante reagiscono a stimoli meccanici esterni, quali gravità e contatto, attivando processi come il gravitropismo e la tigmomorfogenesi. Queste risposte spesso comportano cambiamenti nell'architettura delle pareti cellulari, nei processi di divisione, nella produzione ormonale e nell'attivazione di specifici geni (Kouhen et al. 2023). Il progetto PRIN DAMATIRA (aDvanced Analysis and Modeling of AcouSTic Responses of pLAnts) mira a investigare la risposta di *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh a specifici stimoli acustici emessi dagli insetti, un sottinsieme dei segnali meccanici, per comprendere l'importanza ecologica del suono per le piante e analizzare l'interazione pianta-insetto da una prospettiva co-evolutiva. Le vibrazioni sonore sono tra gli stimoli naturali che causano cambiamenti fisiologici nelle piante (Jung et al. 2018). Ricerche recenti hanno evidenziato che tali vibrazioni incrementano la resistenza alle malattie vegetali. In *A. thaliana*, è stato osservato che il suono emesso da un insetto che si nutre delle foglie induce un aumento nella produzione di sostanze chimiche coinvolte nelle risposte di difesa, come i glucosinolati e le antocianine (Appel, Cocroft 2014). Inoltre, l'esposizione delle piante di *Arabidopsis* a vibrazioni di 500 Hz ha dimostrato di aumentare la produzione di ormoni correlati alla difesa, come l'acido salicilico e l'acido jasmonico (Ghosh et al. 2016). Nel pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.), il trattamento con vibrazioni sonore nell'intervallo da 0.08 a 2 kHz ha ridotto la popolazione di diversi parassiti e patogeni, inclusi acari, afidi, virus e muffa grigia, in ambiente protetto (Hassanien et al. 2014). Inoltre, l'esposizione a vibrazioni di frequenza 10 kHz ha stimolato la modificazione epigenetica dei geni coinvolti nella biosintesi dei metaboliti secondari, nella segnalazione degli ormoni di difesa e nell'attivazione dei meccanismi di resistenza contro *Ralstonia solanacearum* Smith, agente eziologico dell'avvizzimento batterico delle solanacee (Jung et al. 2020).

Nella fase iniziale della nostra ricerca, intendiamo modellare i possibili modi vibrazionali delle principali strutture sensoriali delle piante verosimilmente coinvolte nella percezione e nella risposta a vibrazioni sonore sia a livello macroscopico (foglie) che microscopico (tricomi), utilizzando il Metodo degli Elementi Finiti (FEM). Successivamente, i nostri modelli saranno validati tramite la Vibrometria Laser Doppler (LDV).

Abbiamo condotto misurazioni dirette utilizzando un reometro in modalità trazione su un ampio campione di foglie di piante di *A. thaliana*, coltivate per 4 settimane in condizioni rigorosamente controllate (illuminazione 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ciclo luce-buio di 8:12 ore, temperatura di 22 °C e umidità al 60%). Queste misurazioni hanno consentito di stimare il modulo di elasticità composito medio sia del picciolo che della lamina fogliare. Inoltre, utilizzando il software ImageJ su immagini stereoscopiche, abbiamo determinato l'area trasversale del picciolo e della foglia. Le analisi hanno rivelato un modulo elastico medio di $3,31 \pm 1,15$ MPa per il picciolo e di $1,68 \pm 0,60$ MPa per la lamina. Per ottenere modelli tridimensionali dettagliati delle foglie in diversi stadi di sviluppo da usare per la realizzazione del FEM, abbiamo condotto un'analisi fotogrammetrica accurata delle singole foglie della rosetta basale senza staccarle dal fusto; il nodo rappresenta, infatti, un vincolo «rigido» dell'estremità fogliare prossimale che influenza in modo sostanziale i modi vibrazionali delle foglie. I dati morfometrici e ana-

tomici, integrati con parametri tissutali desunti dalla letteratura, sono stati utilizzati per modellare i modi di risonanza di foglie giovani e foglie completamente espanse.

I risultati preliminari indicano che gli stimoli acustici costituiscono un'opzione promettente per l'eccitazione vibrazionale delle foglie, evitando alterazioni della loro massa. Inoltre, la LDV si è dimostrata uno strumento idoneo per misurare i modi vibrazionali delle foglie di *A. thaliana*, offrendo una risoluzione spaziale e una qualità del segnale adeguate ed evitando qualsiasi alterazione del sistema. Per quanto riguarda i tricomi, le misurazioni LDV nel campo acustico degli ultrasuoni (20 - 500 kHz) tramite un disco piezoelettrico hanno rilevato vibrazioni flessionali, simili a modi fondamentali, con deformazioni localizzate nei punti di giuntura delle diramazioni con il gambo. Inoltre, sono state osservate ulteriori oscillazioni con deformazioni flessionali complesse, sinusoidali, lungo le diramazioni a frequenze più elevate. Tuttavia, i picchi di risonanza non sono stati ancora rilevati; questo costituirà l'obiettivo delle fasi successive della ricerca in altri intervalli acustici. L'applicazione della LDV ci permetterà di misurare le caratteristiche meccaniche dei tricomi e di validare i modelli FEM già presenti in letteratura.

Letteratura citata

- Appel HM, Cocroft RB (2014) Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing. *Oecologia* 175: 1257–1266.
- Ghosh R, Mishra RC, Choi B, Kwon YS, Bae DW, Park S-C, et al. (2016) Exposure to sound vibrations lead to transcriptomic, proteomic and hormonal changes in *Arabidopsis*. *Scientific Reports* (6): 33370.
- Hassanien RHE, Hou T-Z, Li Y-F, Li B-M (2014) Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of Integrative Agriculture* (13): 335–348.
- Jung J, Kim S-K, Kim J-Y, Jeong M-J, Ryu C-M (2018) Beyond chemical triggers: evidence for sound-evoked physiological reactions in plants. *Frontiers in Plant Science* (9): 25.
- Jung J, Kim S-K, Jung S-H, Jeong M-J and Ryu C-M (2020) Sound vibration-triggered epigenetic modulation induces plant root immunity against *Ralstonia solanacearum*. *Frontiers in Microbiology* (11): 1978.
- Kouhen M, Dimitrova A, Scippa GS, Trupiano D (2023) The Course of Mechanical Stress: Types, Perception, and Plant Response. *Biology* (12): 217.

AUTORI

Rocco Placi (rocco.placi@unisalento.it), Antonella Albano (antonella.albano@unisalento.it), Marcello Salvatore Lenucci (marcello.lenucci@unisalento.it), Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Via Prov.le Lecce-Monteroni - Campus Ecotekne, 73100 Lecce

Francesco Rizzi (francesco.rizzi@iit.it), Centre for Biomolecular Nanotechnologies, Istituto Italiano di Tecnologia.

Francesco Nicassio (francesco.nicassio@unisalento.it), Alfonso Maffezzoli (alfonso.maffezzoli@unisalento.it), Gennaro Scarselli (gennaro.scarselli@unisalento.it), Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento, Via Prov.le Lecce-Monteroni - Campus Ecotekne, 73100 Lecce.

Luciana Renna (luciana.renna@unifi.it), Elisa Masi (elisa.masi@unifi.it), Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze, Viale delle idee 30, 50019 Sesto Fiorentino (Firenze)

Enrico Schioppa (eschioppa@inmatica.com), BE-Pilot Palace, Strada Comunale Tufi 4, 73047 Monteroni di Lecce (Lecce)

Bernardo Spagnolo (bernardo.spagnolo@unipa.it), Giovanni Marsella (giovanni.marsella@unipa.it), Dipartimento di Fisica e Chimica «Emilio Segrè», Università di Palermo, Viale delle Scienze, I-90128 Palermo

Massimo Viscardi (massimo.viscardi@unina.it), Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università Federico II di Napoli, Via Claudio 21, 80125 Napoli

Gianandrea Salerno (gianandrea.salerno@unipg.it), Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Borgo XX Giugno 74, Perugia

Autore di riferimento: Marcello Salvatore Lenucci

Cece Nero della Murgia (*Cicer arietinum* L.): risposte allo stress idrico

S. Carrozzo, G. Piro, M. De Caroli

Negli ultimi anni, le piante devono far fronte sempre più alla carenza d'acqua e all'aumento delle temperature, causati dai cambiamenti climatici. Lo studio della risposta adattativa agli stress abiotici è utile a individuare caratteristiche di resistenza che possano essere utilizzate come marker morfologici e/o molecolari di tolleranza. In questo lavoro è stata analizzata la risposta allo stress idrico di una varietà di cece (*Cicer arietinum* L.), ovvero il Cece Nero della Murgia, considerata una specie antica e a rischio di estinzione, che risulta quindi interessante ai fini della tutela dell'agrobiodiversità. Le risposte allo stress idrico sono state valutate su un set di 60 piantine cresciute, in camera termostata (22 °C, 10000 lux, 60% umidità, 16/8 fotoperiodo), per 20 giorni in vaso e

successivamente suddivise in piante controllo (irrigate ogni tre giorni per ripristinare la capacità di campo al 100 %) e piante sottoposte a stress idrico (assenza totale di irrigazione) per un ulteriore periodo di 20 giorni. Al termine del periodo di stress, il terreno delle piantine stressate presentava una quantità d'acqua pari al 25% rispetto alle piante controllo. Trascorso questo periodo, 15 piante controllo e 15 piante stressate sono state prelevate per effettuare le differenti analisi. Le 15 piante stressate rimanenti sono state reidratate e cresciute per ulteriori 20 giorni, nelle stesse condizioni di irrigazione delle restanti 15 piante controllo, ripristinando la capacità di campo al 100% ogni tre giorni. Sui campioni controllo, stressati e reidratati, sono state eseguite analisi morfologiche, fisiologiche e molecolari. In seguito allo stress idrico, è stata registrata una diminuzione del peso fogliare fresco e secco, del Relative Water Content (RWC) e dell'area fogliare. Rispetto al loro controllo, gli stessi valori aumentano, ad eccezione del RWC, nelle piante stressate e reidratate. Sulle foglie dei diversi campioni sono stati determinati i valori di clorofille e carotenoidi totali, registrando un aumento di clorofilla A e carotenoidi totali nelle piante stressate rispetto al controllo e una loro diminuzione nelle piante reidratate. Successivamente, sono state eseguite le analisi molecolari sulle foglie delle piante di Cece Nero sottoposte ai diversi trattamenti, per valutare la variazione dell'espressione di alcuni geni considerati potenziali marker di tolleranza allo stress idrico. Sono stati analizzati i geni *CaXTH29* (Xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase 29) e *CaLEA4* (Late embryogenesis abundant 4). *CaLEA4* è noto per essere coinvolto nella regolazione della permeabilità della membrana plasmatica e generalmente aumenta in seguito allo stress idrico. *CaXTH29* presenta caratteristiche diverse, in quanto agisce modulando la plasticità di parete e generalmente è presente a livelli basali molto alti nelle piante resistenti allo stress. È stata inizialmente clonata la sequenza parziale di *CaXTH29* e successivamente sono state effettuate analisi di RT-qPCR. Le prime analisi indicano che in Cece Nero, in seguito allo stress idrico, vi è una sovraespressione del gene *CaLEA4*, dimostrando che le piante erano state effettivamente sottoposte a stress idrico. L'espressione di *CaXTH29* resta costante, suggerendo che il livello di espressione basale di tale gene possa essere già sufficientemente alto per fronteggiare lo stress idrico, probabilmente modificando la plasticità della parete cellulare. Questi risultati potrebbero candidare *XTH29* come marker molecolare per la tolleranza allo stress idrico in cece.

AUTORI

Sara Carrozzo (sara.carrozzo@unisalento.it), Gabriella Piro (gabriella.piro@unisalento.it), Monica De Caroli (monica.decaroli@unisalento.it), Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Strada Provinciale Lecce-Monteroni, 73100 Lecce
Autore di riferimento: Sara Carrozzo

Internalizzazione di nanoCaCO₃@PAE in protoplasti e piantine di tabacco

M. De Caroli, S. Carrozzo, R. Tornese, T. Semeraro, G. Piro, M.S. Lenucci

Le piante sono costantemente esposte a stress di natura abiotica e biotica, un problema amplificato dall'incidenza dei cambiamenti climatici. Queste condizioni di stress hanno impatti significativi non solo sull'agricoltura, ma anche sulle specie endemiche più vulnerabili, generando gravi conseguenze sulla produttività delle colture e sulla perdita di biodiversità. Il campo emergente delle nanobiotecnologie vegetali offre una via promettente per migliorare le risposte delle piante a vari stress, sia abiotici che biotici. La ricerca sulle nanoparticelle ha evidenziato il loro notevole potenziale come veicoli per trasportare diverse molecole all'interno delle cellule, consentendo di superare le limitazioni associate all'uso di vettori biologici, come i virus, o alle trasformazioni genetiche. Nonostante il notevole interesse, l'assorbimento delle nanoparticelle da parte delle piante rimane una questione controversa; la parete cellulare costituisce una barriera fisica e biologica che potrebbe limitare l'uptake delle nanoparticelle nelle cellule vegetali. La parete cellulare primaria mostra una porosità intrinseca, variabile da circa 3 a 6 nm a seconda della specie vegetale, della sua organizzazione molecolare, dello stadio di differenziamento cellulare e delle condizioni ambientali. Tuttavia, ricerche recenti hanno dimostrato che le nanoparticelle stesse possono alterare la porosità della parete cellulare, interagendo con i suoi componenti polimerici e provocando l'espansione dei pori esistenti o la formazione di nuovi. Questo studio ha esaminato gli effetti di un estratto fenolico ottenuto dalle bucce di melograno (PAE) ricoprente i nanocristalli di carbonato di calcio (nanoCaCO₃@PAE) durante i processi di internalizzazione in protoplasti ottenute da foglie di tabacco. Inoltre, è stato valutato l'uptake dei nanocristalli di carbonato di calcio, resi fluorescenti tramite FITC (fluoresceina-5-iso-tiocianato), in epidermide di foglie di tabacco. I protoplasti incubati con nanoCaCO₃@PAE, osservati al microscopio confocale, hanno mostrato un significativo aumento del numero di endosomi, marcati con FM4-64, rispetto ai protoplasti controllo, suggerendo un incremento degli eventi di internalizzazione in presenza del-

l'estratto nano-ricoprente. L'analisi dello spettro di autofluorescenza emessa dai fenoli presenti nell'estratto di melograno nano-ricoprente ha permesso di rilevare, nei protoplasti trattati con nanoCaCO₃@PAE, strutture intracellulari puntiformi, distinte per dimensione dai cloroplasti, ma simili agli endosomi marcati da FM4-64.

I risultati preliminari ottenuti sui protoplasti hanno indicato la potenziale internalizzazione degli estratti nano-ricoprente nelle cellule vegetali. Per confermare tali osservazioni, sono state condotte ulteriori indagini sull'epidermide fogliare di tabacco, vaporizzando su quest'ultima una soluzione acquosa di nanocristalli di carbonato di calcio fluorescenti (nanoCaCO₃@FITC). Dopo 48 ore dal trattamento, le cellule dell'epidermide fogliare osservate al microscopio confocale confermavano chiaramente l'ingresso delle nanoparticelle fluorescenti nelle cellule; infatti erano visibili piccoli punti verdi fluorescenti in prossimità della membrana plasmatica. Per monitorare la cinetica di internalizzazione delle nanoparticelle fluorescenti, le foglie di tabacco sono state trasformate con PGIP2-RFP, una proteina chimerica che segue il percorso endocitico. Dopo la sua secrezione nella parete cellulare, PGIP2-RFP si localizza inizialmente negli endosomi e successivamente nel vacuolo. Dalle nostre osservazioni emerge che le nanoCaCO₃@FITC sono in grado di attraversare la parete e la membrana plasmatica, localizzandosi dapprima in strutture identificabili come endosomi, come confermato dalla co-localizzazione con PGIP2-RFP, fino ad accumularsi nel vacuolo centrale. La presenza stabile di nanoCaCO₃@PAE nel vacuolo è stata confermata valutando il contenuto di fenoli solubili totali nelle foglie di tabacco trattate, rivelando un aumento quasi doppio rispetto al controllo dopo 15 giorni dal trattamento.

In sintesi, questi dati indicano l'effettiva internalizzazione di nanoCaCO₃@PAE, sia nei protoplasti che nelle cellule dell'epidermide delle foglie di tabacco, evidenziando anche il corretto indirizzamento delle molecole trasportate dalle nanoparticelle nei compartimenti intracellulari.

AUTORI

Monica De Caroli (monica.decaroli@unisalento.it), Sara Carrozzo (sara.carrozzo@unisalento.it), Riccardo Tornese (riccardo.tornese@unisalento.it), Teodoro Semeraro (teodoro.semeraro@unisalento.it), Gabriella Piro (gabriella.piro@unisalento.it), Marcello Salvatore Lenucci (marcello.lenucci@unisalento.it), Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Strada Provinciale Lecce-Monteroni, 73100 Lecce
Autore di riferimento: Monica De Caroli

Ombreggiamento nei sistemi agrivoltaici: il caso studio della cicoria

T. Semeraro, A. Scarano, L.M. Curci, A. Leggeri, M.S. Lenucci, A. Basset, A. Santino, G. Piro, M. De Caroli

I sistemi fotovoltaici (PV) giocano un ruolo fondamentale nella transizione verso un'energia più sostenibile. Tuttavia, il loro impatto sulla sicurezza alimentare è dibattuto, poiché comporta la conversione e l'uso dei terreni agricoli per la produzione di energia. Per affrontare questa sfida, l'agrivoltaico è considerato una possibile alternativa, ottimizzando l'uso multifunzionale del suolo per entrambe le attività: produzione di energia e agricoltura. Numerosi studi hanno dimostrato la capacità dell'agrivoltaico di incrementare la produttività agricola rispetto ai sistemi tradizionali. Tuttavia, rimangono ancora poco indagati i meccanismi di adattamento delle piante all'ombra e la correlazione tra la produzione agricola all'ombra e la qualità degli alimenti.

Lo studio condotto presso l'Orto Botanico dell'Università del Salento si propone di studiare le variazioni della produttività agricola e gli effetti sulla qualità del cibo in un sistema agrivoltaico. Per fare ciò, sono state simulate le condizioni d'ombra generata da un impianto agrivoltaico conforme alle Linee Guida Ministeriali del 2022. Sono stati esaminati gli effetti sulla coltivazione di cicoria (*Cichorium intybus* L., varietà Otrantina) sia in piena luce che sotto l'ombra del pannello, con differenti regimi di irrigazione (elevato e basso apporto idrico) e nella stessa locazione.

Per ogni pianta di cicoria coltivata nelle diverse condizioni sperimentali, sono stati misurati il peso fresco e le dimensioni delle foglie per stimare la biomassa commestibile. La qualità alimentare è stata valutata attraverso diversi parametri, tra cui il contenuto di acqua delle foglie, le clorofille a e b, i carotenoidi, il profilo di alcuni metaboliti e la capacità antiossidante.

I risultati evidenziano un aumento del 69% e del 23% nella produzione di biomassa commestibile della cicoria rispettivamente in condizioni di elevato e basso apporto idrico sotto ombreggiamento. Mentre non sono state riscontrate variazioni significative nella concentrazione di metaboliti secondari e nella capacità antiossidante, indicando una costanza nella qualità del cibo prodotto. Inoltre, le piante, coltivate sotto il pannello, mostrano una maggiore capacità di promuovere i servizi ecosistemici di impollinazione grazie a una maggiore dimensione e numero di fiori persistenti nel tempo rispetto alle piante esposte alla luce solare diretta.

In conclusione, l'ombra fornita da un impianto fotovoltaico ottimizzato può contribuire ad aumentare la resa

senza compromettere la qualità del cibo. Gli impianti agrivoltaici possono, quindi, coniugare la produzione di energia rinnovabile con la sicurezza alimentare, migliorando i servizi ecosistemici per il benessere umano. Questo approccio permetterebbe di inquadrare l'agrivoltaico come un'applicazione vincente per la sostenibilità sotto diversi punti di vista: 1) ecologico, con la produzione di energia pulita e la riduzione dell'uso di risorse naturali, come l'acqua; 2) economico, con l'uso multifunzione del suolo, consentendo la produzione di energia senza compromettere la produzione alimentare e aumentando il reddito dell'impresa; 3) sociale, garantendo la disponibilità di cibo per le generazioni future e preservando l'aspetto culturale nel contesto locale, offrendo inoltre l'opportunità di coltivare varietà tradizionali minacciate dal cambiamento climatico. In questo contesto, acquisire esperienza sul campo diventa cruciale per migliorare l'efficacia e l'applicabilità dell'agrivoltaico nel tempo.

AUTORI

Teodoro Semeraro^{1,5} (teodoro.semeraro@unisalento.it), Aurelia Scarano² (aurelia.scarano@ispa.cnr.it), Lorenzo M. Curci³ (lorenzomaria.curci@unisalento.it), Angelo Leggeri⁴ (dott.angeloleggieri@gmail.com), Marcello S. Lenucci³ (marcello.lenucci@unisalento.it), Alberto Basset³ (alberto.basset@unisalento.it), Angelo Santino² (angelo.santino@ispa.cnr.it), Gabriella Piro^{3,5} (gabriella.piro@unisalento.it), Monica De Caroli^{3,5} (monica.decaroli@unisalento.it)

¹ Research Institute on Terrestrial Ecosystems (IRET-URT Lecce), National Research Council of Italy (CNR), Campus Ecotekne, 73100 Lecce

² C.N.R. Unit of Lecce, Institute of Science of Food Production, 73100 Lecce

³ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Strada Provinciale Lecce-Monteroni, 73100 Lecce

⁴ Environmental consultant, Via Firenze 24, 74100 Taranto

⁵ NBCF National Biodiversity Future Center, 90133 Palermo

Autore di riferimento: Teodoro Semeraro

Kids' University: bambine e bambini a lezione su piante e fiori

R. Accogli, A. Albano, A. D'Amelio, P. Albano, M.S. Lenucci

Ancora una volta, l'Orto Botanico del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali dell'Università del Salento si relaziona con il territorio per offrire un percorso didattico-educativo specificamente rivolto a bambini della Scuola dell'Infanzia. Per l'anno scolastico 2022-2023, è stata sottoscritta una convenzione tra l'Orto Botanico ed il III Istituto Comprensivo "De Amicis-San Francesco" di Francavilla Fontana (BR) per l'attuazione di un progetto volto a introdurre tecniche e contenuti scientifici riguardanti la conoscenza delle piante nelle scuole dell'Istituto.

Nell'ambito di questa iniziativa educativa, ci siamo concentrati principalmente su tre obiettivi: introdurre i concetti base delle scienze botaniche, promuovere la consapevolezza della tutela ambientale e instillare nei bambini non ancora scolarizzati un apprezzamento per il valore della natura. Gli incontri si sono svolti negli spazi dei tre plessi dell'Istituto ed hanno coinvolto sempre tutte le classi. Considerando la giovanissima fascia di età dei bambini e la loro limitata familiarità con le tecniche scolastiche (lettura e scrittura), si è puntato a creare curiosità per avvicinare al mondo delle piante, con un approccio basato sull'edutainment, combinando educazione e divertimento, senza trascurare l'approccio multidisciplinare e le cooperazioni tra docenti, alunni e genitori (in senso sia verticale che orizzontale).

Il percorso prevedeva quattro laboratori distinti: "Le piante della macchia mediterranea: fiori, profumi, frutti e semi", "Colorare con le piante", "Progettazione e piantumazione di un piccolo giardino sensoriale", e "Orto agrario: seminiamo piante alimentari". È stato particolarmente significativo il coinvolgimento attivo dei genitori e degli insegnanti, intervenuti nella co-progettazione degli spazi, nella prestazione d'opera per le lavorazioni del terreno che doveva ospitare il giardino sensoriale, nell'acquisto dei materiali necessari (terriccio, vasi, piante, ecc.) e nella partecipazione ai laboratori. Inoltre, su suggerimento degli insegnanti, l'Istituto ha fornito piccola attrezzatura agricola, adeguata ai bambini, come carriole, innaffiatoi, rastrelli e zappe in plastica, per uno svolgimento sicuro e divertente delle attività.

Per valutare l'efficacia del percorso, abbiamo fatto leva sulle sensazioni suscitate dalla natura multisensoriale delle piante utilizzate come principale strumento didattico, considerando forme, colori, profumi, consistenza e altri aspetti. Non potendo somministrare schede di valutazione tradizionali, gli alunni hanno condiviso le loro reazioni e il grado di apprezzamento per gli argomenti trattati attraverso emoticon, con le più comuni che esprimevano meraviglia, dubbio, curiosità, soddisfazione e apprezzamento per il lavoro di gruppo e i risultati ottenuti.

Infine, sono state realizzate schede illustrate per guidare gli insegnanti nell'osservazione delle sensazioni visive, olfattive, tattili, uditive e gustative di ciascuna pianta del giardino sensoriale, rendendole disponibili per un utilizzo autonomo in qualsiasi periodo dell'anno scolastico.

In conclusione, questa esperienza ha enfatizzato l'importanza di stabilire e mantenere collaborazioni stabili e continuative tra istituzioni educative, comunità locali ed enti accademici come l'Orto Botanico. Tali partenariati non solo arricchiscono l'esperienza educativa dei bambini, ma contribuiscono anche alla crescita e al benessere della comunità nel suo complesso, favorendo la consapevolezza ambientale e la valorizzazione del territorio.

AUTORI

Rita Accogli (rita.accogli@unisalento.it), Antonella Albano, Marcello Salvatore Lenucci, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Via Prov.le Lecce-Monteroni - Campus Ecotekne, 73100 Lecce

Adelaide D'Amelio, Paola Albano, III Istituto Comprensivo "De Amicis-San Francesco" - Viale Giuseppe Abbadessa 11, 72021 Francavilla Fontana (Brindisi)

Autore di riferimento: Rita Accogli

Errata corrige: a pagina nuova lavoro non pervenuto prima della chiusura del fascicolo 8(2), 2024 e che sarà inserito nel fascicolo 9(1) 2025

Effetti di alcune terre rare su funghi ad habitus terricolo agenti di malattia delle piante: dati preliminari

F. Tommasi, S. Pirra, F. Tucci, F. Mannerucci, I. Gjata, G.L. Bruno

I 17 elementi delle Terre Rare (REE: Scandio, Ittrio, Lantanio, Cerio, Praseodimio, Neodimio, Promezio, Samario, Europio, Gadolinio, Terbio, Disprozio, Osmio, Erblio, Tulio, Itterbio e Lutezio), definiti “le vitamine dell’industria moderna”, oggi sono fondamentali nell’ambito delle energie green, high-tech, ottica, laser, materiali aeronautici, trasduttori solari, sistemi di guida missilistica, produzione di satelliti. In ambito zootecnico, come additivi alimentari, favoriscono la crescita e l’ingrasso di suini, polli, bovini, pesci, anatre e conigli, ed anche l’aumento di produzione di latte nelle mucche. Sottoforma di cloruri aggiunti ai fertilizzanti e agli ammendanti hanno effetti positivi nella germinazione dei semi, nella crescita delle radici, nel contenuto in clorofilla e nella resistenza delle piante a diversi stress biotici e abiotici. In conseguenza del loro largo impiego in campo agricolo e zootecnico, e della loro presenza in polveri e strati superficiali di suolo raccolti in prossimità di aree ad elevata attività industriale, gli elementi delle Terre Rare del suolo possono essere assorbiti dalle piante e inserirsi nella catena alimentare. Evidente e ben delucidato è il comportamento ormetico di cerio e lantanio: a basse concentrazioni inducono modeste stimolazioni funzionali (endpoint), mentre ad alte dosi hanno effetto inibente. In questo studio si propone di confrontare gli effetti di campioni di suolo contenenti REE e quelli di soluzioni di alcuni singoli elementi su funghi ad *habitus* terricolo fitopatogeni o agenti di controllo biologico e induttori di risposte di difesa nelle piante. Come “fonte naturale” di REE sono state individuate tre miniere dismesse di bauxite presenti in Puglia: San Giovanni Rotondo (FG; sigla “G”), Otranto (LE; sigla “O”) e Spinazzola (BAT; sigla “S”). Per ciascuno dei tre siti sono stati prelevati campioni nell’area vicina (GB2, OD3, SB3) e in quella lontana (GE2, OE4, SE4) rispetto all’ingresso della miniera. In tutti i campioni è stata determinata la concentrazione in REE per IPC-MS. *Trichoderma harzianum* specie complex (TH), *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL), *Sclerotinia minor* (SM) e *Verticillium dahliae* (VD) sono stati considerati come organismi target. I campioni di suolo sono stati saggiati all’1% in piastre Petri contenenti substrato di Patate Destrosio Agar (PDA), mentre $\text{NdCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, CeCl_3 e YCl_3 sono stati saggiati a 1, 10, 100, 250, 1000 e 2500 μM . Gli effetti sugli organismi selezionati sono stati valutati in termini di produzione di conidi (per mm^2 di colonia) o microsclerozi (per piastra) e percentuale d’inibizione della crescita (IC), ovvero $\text{IC}\% = 100 \times (\text{D}_c - \text{D}_t) / \text{D}_c$ dove D_c è la media dei diametri delle colonie su PDA (controllo) e D_t è la media dei diametri delle colonie in presenza di terreno o cloruro. Il pH dei campioni di terreno varia da 7,89 (campione OE4) e 8,42 (campione SE4). L’analisi IPC-MS ha evidenziato la presenza di 15 elementi delle terre rare (non sono presenti Sc e Pm) in concentrazioni variabili da 0,29 ppm (Lu nel campione SB2) a 513,22 ppm (Y nel campione SB2). Si riscontra una generale riduzione del singolo elemento all’aumentare della distanza dall’ingresso della miniera considerata. La concentrazione totale in REE raggiunge 1282,27 (944,77 di GB2 e 337,5 di GE4), 1075,35 (687,75 di OD3 e 387,6 di OE4) e 2589,21 ppm (1762,7 di SB3 e 826,51 di SE4) rispettivamente nei campioni provenienti da San Giovanni Rotondo, Otranto e Spinazzola. Nei substrati di PDA modificati con l’aggiunta dell’1% di terra fina, i quattro ceppi fungini saggiati hanno mantenuto stabili le loro caratteristiche macroscopiche. TH è stato inibito dai campioni GB2 (IG 25,94 %) e SB3 (22,15 %), mentre incrementi nella crescita sono stati registrati con OE4 (IC -9,5%), OD3 (IC -15,8%), GE4 (IC -15,8%) e SB4 (IC -17,1%). Le colture di FOL evidenziano IC tra -65,49 % (OD3) e -86,62 % (GB2). Per VD si hanno IC tra il 21,93% (SB3) e 32,25 % (GE4), mentre per SM tra 4,34 % (OD3 e SB4) e 65,21 % (GB2). La presenza di terreno ha inibito la produzione di conidi in FOL tra il 23,52 % (GE4) e il 63,72 % (OD3). Rispetto alle colonie di controllo, la produzione di conidi di VD nei substrati contenenti terreno è stata stimolata (-36 %) con la sola riduzione del 12% in SB3. Tutti i campioni di terreno saggiati hanno stimolato la produzione di conidi in TH sino ad un massimo di -109,37 su OD3. La produzione di microsclerozi in SM non ha subito variazioni statisticamente significative. L’aggiunta di $\text{NdCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ nel substrato di PDA ha stimolato, rispetto al controllo, la crescita di FOL (IC medio -7,37), SM (IC medio -22,17) e TH (IC medio -27,47). Per l’isolato di VD, invece, $\text{NdCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ha indotto un leggero incremento della crescita a concentrazioni di 1, 10, 100 e 1000 μM , mentre a 250 e 2500 μM ne ha inibito la crescita sino al 60%. La produzione di conidi non presenta variazioni statisticamente significative. Leggeri incrementi nella produzione di microsclerozi da parte di SM sono risultati nelle piastre contenenti 250 e 1000 μM di $\text{NdCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. CeCl_3 , rispetto al controllo, ha stimolato (IC medio di -17,85) la crescita di TH a tutte le concentrazioni saggate. La crescita di FOL è stata inibita rispetto al substrato di controllo in maniera crescente fino alla concentrazione di 250 μM , dove si evidenzia un picco di inibizione (IC = 60%), a cui segue un lieve decremento per le concentrazioni di 1000 e 2500 μM . Nei confronti di VD le concentrazioni di 250 e 25000 μM hanno inibito la crescita (IC sino a 60%), mentre inibizioni del 20-23% sono state registrate per le altre concentrazioni saggate. SM mostra, invece, IC del 50% CeCl_3 a 1000 μM , mentre le altre concentrazioni ne stimolano la crescita (IC di -40,38 a concentrazione di 2500 μM). Si evidenziano gli effetti positivi sulla crescita (IC di -51 e -41 %) causata dalla presenza di cerio a 250 e 2500 μM . La presenza di 1 e 10 μM di YCl_3 nel substrato PDA ha leggermente aumentato la crescita di TH, mentre le altre concentrazioni saggate hanno registrato IC del 75%. Al contrario, per FOL, VD e SM YCl_3 ha stimolato la crescita in tutte le concentrazioni saggate con maggiori effetti positivi per SM a 100 e 2500 μM . La produzione di conidi in FOL e VD e quella di microsclerozi in SM non presenta variazioni statisticamente significative. Un comportamento dose dipendente si evidenzia per TH: incrementi (13-14%) nella produzione di conidi in presenza di 1 e 10 μM di YCl_3 , mentre le altre concentrazioni inducono una riduzione del 29-33%. In conclusione, i quattro funghi saggiati hanno mostrato una buona tolleranza alla presenza di neodimio, cerio e ittrio nei terreni di coltura. L’IC è stata compensata da una maggiore produzione di strutture di moltiplicazione e disseminazione. Ce e Nd confermano l’andamento ormetico dei loro effetti anche su FOL, VD, SM e TH. Tutti i dati suggeriscono la necessità di monitorare gli elementi delle terre rare nei suoli, soprattutto nelle località di interesse naturalistico, geologico, turistico, considerandone anche l’impatto sul Biota.

AUTORI

Franca Tommasi (franca.tommasi@uniba.it), Sara Pirra, Francesca Tucci, Isidora Gjata, Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie e Ambiente (DBBA), Università di Bari Aldo Moro, Via Orabona 4, 70125 Bari

Francesco Mannerucci, Giovanni Luigi Bruno (giovanniluigi.bruno@uniba.it), Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.), Università di Bari Aldo Moro, Via G. Amendola 165/A, 70126 Bari

Autore di riferimento: Giovanni Luigi Bruno
