

IN VISTA DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI E DELLA RIDUZIONE DELLA DISPONIBILITÀ DI TERRENI FERTILI, LE SPECIE ALOFITE POTREBBERO RISCUOTERE UN NOTEVOLE SUCCESSO. UNO STUDIO PUGLIESE HA TESTATO LA DOMESTICAZIONE DELLA ALOFITA CAKILE MARITIMA PER OTTENERE CIBO SALUTARE

POTENZIALITÀ DELLA RUCOLA DI MARE COME COLTURA ALTERNATIVA

di **Conversa G., Botticella L., Lazzizzera C., La Rotonda P., Bonasia A., Elia A.**

*Dipartimento di scienze agrarie, alimenti, risorse naturali e ingegneria (Dafne),
Università di Foggia*

*Contributo realizzato a cura della sezione
Ortoflorovivaismo della Soi*



I cambiamenti climatici e l'agricoltura intensiva stanno causando l'aumento delle temperature medie globali, la riduzione delle risorse di acqua dolce e la perdita della fertilità del terreno, anche a causa dell'accumulo di cloruro di sodio e metalli pesanti. In questo scenario, lo sviluppo di una agricoltura sostenibile include la coltivazione di colture alimentari e foraggere che mostrino adattabilità a condizioni ambientali estreme (alte temperature, salinità, siccità, alluvioni)

e possano garantire la produzione di alimenti per l'uomo e gli animali.

Piante tolleranti al sale

Le specie alofite sono considerate potenziali "new crop" in condizioni in cui la salinità dell'acqua irrigua e/o del suolo rappresenta il fattore limitante la crescita e la produttività delle colture convenzionali (agricoltura biosalina). Queste specie sono piante annuali o perenni dalle caratteristiche molto complesse. Hanno però in comune

1 - *C. maritima* è diffusa negli arenili di Margherita di Savoia (Bat)



2 - Stadio di fioritura con densi racemi portanti fiori dal lilla al viola

3 - Morfotipo a foglia intera di *C. maritima*

4 - Morfotipo a foglia pinnata di *C. maritima*

la capacità di crescere e completare il ciclo vitale in suoli con contenuto di cloruro di sodio maggiore di 200 mM, superiore a quello tollerato dalla maggior parte delle colture convenzionali. Sono una flora altamente specializzata

degli ambienti salini delle zone costiere, e non solo, il cui habitat naturale è caratterizzato da salinità altalenante e da scarsa fertilità del suolo (basso contenuto di sostanza organica e macronutrienti).

Rucola di mare

Tra le alofite vi è la *Cakile maritima* Scop., una specie annuale della famiglia delle Brassicacee. Più comunemente nota come “rucola di mare” o “ravastrello marittimo”, prospera lungo

le coste sabbiose del Mediterraneo e dell'Atlantico europeo. In Puglia è presente sulle sabbie di Margherita di Savoia (Bat), di Manfredonia (Fg) e Marina di Lesina (Fg), ma anche sulle coste del Salento e in alcune località del tarantino. La specie è distribuita soprattutto lungo le dune sabbiose di Margherita di Savoia, ma è diventata una temibile infestante delle colture orticole anche negli “arenili” della zona retrodunale, dove vengono coltivate la cipolla bianca di Margherita Igp, carota, pomodoro e patata (fig. 1). In questo areale, il Dafne dell'Università di Foggia sta svolgendo sulla popolazione di *C. maritima* lavori di caratterizzazione morfologica e qualitativa, nonché studi di domesticazione nell'ambito del progetto “National Research Centre for Agricultural Technologies” (Agritech) e del progetto “Biodiversità delle specie orticole pugliesi non da frutto” (BiodiverSo Veg).

Come si riconosce

La pianta ha un fusto prostrato o ascendente, presenta foglie alterne, carnose, intere o pinnate, con densi racemi e molti fiori dal lilla al viola (fig. 2). La popolazione pugliese oggetto di studio appartiene alla sottospecie *maritima* e presenta, a conferma di quanto riportato in lavori condotti in Toscana sulla stessa sottospecie, piante con diversa morfologia delle foglie, con predominanza delle piante a foglia pinnata (fig. 3) rispetto alla foglia intera (fig. 4). La particolarità di *Cakile maritima* è il frutto (silqua indeiscente) dimorfico (fig. 5). Esso è formato da una porzione superiore, oblunga, che si distacca dalla porzione inferiore più piccola, la quale resta attaccata alla pianta madre: ciascuna delle due porzioni contiene quasi sempre un solo seme. Alla

I progetti

Il lavoro si sta svolgendo nell'ambito di due progetti a cura dal Dipartimento di scienze agrarie, alimenti, risorse naturali e ingegneria (Dafne) dell'università di Foggia, con l'obiettivo di recuperare e caratterizzare specie spontanee di aree marginali per la loro valorizzazione e conservazione *in situ*.

Il programma di ricerca "National research centre for agricultural technologies" (Agritech) – Spoke 7 - "Integrated models for the development of marginal areas to promote multifunctional production systems enhancing agro-ecological and socio-economic sustainability" è finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEu (Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnrr) - Missione 4 componente 2, investimento 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN0000022). (I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi).

Il progetto "Biodiversità delle specie orticole pugliesi non da frutto (Biodiverso Veg)" è stato finanziato dalla Regione Puglia (Psr Puglia 2014-2020, Misura 10 - Pagamenti agro-climatico-ambientali, Sottomisura 10.2 - Sostegno per la conservazione, l'uso e lo sviluppo sostenibili delle risorse genetiche in agricoltura, Operazione 10.2.1 - Progetti per la conservazione e valorizzazione delle risorse genetiche in agricoltura, D.D. 527 del 28/07/2022).

porzione superiore del frutto è affidata la diffusione della specie, poiché essa si presta al trasporto a lunga distanza a opera del vento e delle mareggiate. La porzione inferiore della siliqua è invece destinata a cadere al suolo, e il seme in essa custodito germinerà in prossimità della pianta madre. La po-

polazione oggetto di studio presenta il segmento superiore di forma conica e quello inferiore è di forma rombica con due prominenti ali laterali (fig. 6).

Esigenze ambientali e ciclo biologico

La *Cakile maritima* è tra le specie più diffuse al mondo, poiché è in grado di adattarsi a un'ampia gamma di condizioni ambientali. La germinazione è elevata quando la temperatura si stabilizza tra 20 e 25 °C e vi è buona disponibilità idrica; essa è stimolata da una bassa concentrazione di cloruro di sodio (50-100 mM di NaCl), invece è influenzata negativamente da concentrazioni superiori (200-300 mM di NaCl). Nei climi mediterranei la fase di germinazione di *C. maritima* si può osservare nella stagione primaverile e in quella autunnale, quest'ultima più breve a causa del sopraggiungere delle basse temperature.

La pianta prospera in condizioni di temperature comprese tra 22 e 27 °C. Con temperature superiori a 27 °C, le foglie possono assumere un colore più chiaro ed essere soggette a scottature e, nei casi più gravi, l'intera pianta può appassire e disseccare. È una specie molto resistente al freddo, tollera temperature fino a -10 °C, ma al di sotto di questa soglia il germogliamento nella primavera successiva può essere compromesso. La fioritura dei lunghi racemi è molto scalare e si estende da aprile-maggio fino ad agosto, in alcuni casi fino a ottobre; contemporaneamente ai fiori, è dunque possibile trovare sul racemo silique mature già a partire da luglio. In fase di maturazione, il frutto si frammenta, permettendo alla parte superiore di disperdersi, mentre quello inferiore resta attaccato alla pianta madre fino alla senescenza.

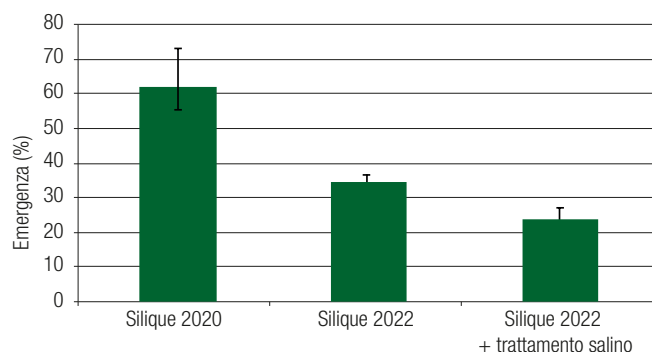
La rucola di mare è una specie nitrofila: sebbene cresca sulla sabbia, dove la disponibilità di sostanza organica e di macronutrienti è molto bassa, la deposizione locale di detriti organici, dovute alle maree, può rappresentare una fonte di azoto minerale utile per una crescita rapida. Questo comportamento è stato anche osservato in questo studio: le piante che infestano le colture degli arenili di Margherita di Savoia si avvantaggiano notevolmente delle concimazioni, diventando molto competitive nei confronti delle piante coltivate. La disponibilità di fosforo e di potassio, invece, non ha influenza sulla crescita di questa specie. Inoltre, la sua crescita è stentata in condizioni di eccesso di acqua nel suolo o di elevata densità di piante.

Potenziale new crop

La rucola di mare è una specie spontanea succulenta, di cui si possono consumare le foglie più giovani e i germogli, generalmente prima della fioritura. In Puglia, queste parti di pianta carnose vengono utilizzate crude per la preparazione di insalate; se lessate vengono condite e utilizzate come contorno. In particolare, a Margherita di Savoia, dove è nota come *rucola d'ciucc*, viene consumata lessa come ingrediente per un primo piatto, con patate, pane raffermo ammorbidito nella stessa acqua di cottura e condito con olio di oliva. In altre regioni d'Italia, quali la Toscana e il Veneto, è utilizzata per aromatizzare alcune pietanze. Nel Portogallo meridionale è consuetudine utilizzare i fiori per guarnire vari piatti; le radici, essiccate e macinate, sono mescolate con farine di cereali per farne il pane; i semi sono apprezzati per le salse aromatizzanti, come quella della senape.

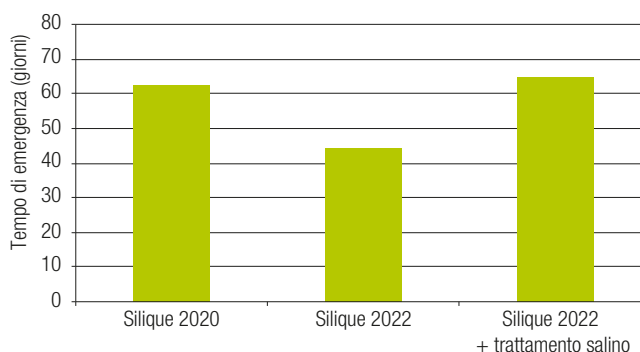


Grafico 1 - Percentuale* di emergenza di *Cakile maritima*



*Influenzata dalla stratificazione umida di silique raccolte nel 2020 (*after-ripened*), nel 2022 (*non after-ripened*) e di silique 2022 imbibite in acqua salina prima della stratificazione

Grafico 2 - Tempo medio* di emergenza di *Cakile maritima*



*Influenzata dalla stratificazione umida di silique raccolte nel 2020 (*after-ripened*), nel 2022 (*non after-ripened*) e di silique 2022 imbibite in acqua salina prima della stratificazione

Effetti benefici sulla salute

Il consumo delle foglie e di altre porzioni eduli della rucola di mare ha effetti benefici sulla salute dell'uomo. L'elevato contenuto di metaboliti bioattivi, come composti polifenolici (acidi fenolici e flavonoidi), acido ascorbico, steroli e terpenoidi, ha un'azione antiossidante. Il gusto amarognolo, accompagnato dalla pungenza, è una peculiarità della pianta che deriva dall'appartenenza alla famiglia delle Brassicaceae, che si caratterizza per la presenza di glucosilonati. Questi composti, a seguito di danni ai tessuti della pianta (taglio, masticazione o cottura), rilasciano sottoprodotti chiamati isotiocianati, che hanno un'elevata attività chemioprotettiva nei confronti dell'uomo. L'elevato contenuto in questi composti bioattivi è stato anche confermato dalla caratterizzazione di foglie e germogli di *C. maritima* svolta nell'ambito dei progetti Agritech e BiodiverSo Veg. Questa specie, poiché fonte di antiossidanti naturali e composti bioattivi, è da tempo conosciuta nella medicina popolare e viene utilizzata anche come



5 - Siliqua dimorfica e indeiscente di *C. maritima*

ottimo antidiuretico, digestivo e lassativo, in grado di contrastare l'ittero e l'idropisia. Negli ultimi anni, è stata anche valutata per la produzione di nuovi prodotti alimentari (per esempio in insalate miste) funzionali e salutari. Tra i potenziali usi non alimentari riportati per questa specie vi è quello connesso alla attività biocida, grazie al contenuto di fitosteroli. A questi composti è attribuita una funzione antimicrobica nei confronti di alcuni batteri (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*,

Escherichia coli, *Salmonella*) e antifungina verso diversi patogeni appartenenti al genere *Alternaria*. Non meno importante è anche l'attività molluschicida, imputabile al contenuto in glucosinolati e fitoalessine. Questi aspetti sono in corso di valutazione nell'ambito del progetto Agritech a cura del Dafne.

Le potenzialità della rucola di mare come coltura industriale sono legate al fatto che i semi sono ricchi in oli (30-40%), in particolare di acido erucico

(25-40%), considerato un composto antinutrizionale per l'uomo e gli animali. L'acido erucico è tuttavia largamente utilizzato per la produzione di tensioattivi, lubrificanti, plastificanti e come precursore del biodiesel. Per via della morfologia dell'apparato radicale, la rucola di mare ha una buona capacità di fitodepurazione dei metalli pesanti e degli inquinanti organici. Nell'ambito della cosmetica può essere utilizzata nella preparazione di creme idratanti.

La domesticazione: le prove di germinabilità

Il passaggio dallo stato spontaneo alla coltivazione di una specie vegetale (domesticazione) necessita, soprattutto per specie annuali, del superamento delle condizioni di dormienza dei semi. La dormienza è lo stato fisico e/o morfofisiologico a causa del quale i semi non germinano, nonostante le condizioni di temperatura, disponibilità di acqua e ossigeno siano ottimali per la specie. Nell'ambito dei progetti Agri-tech e Biodiverso Veg sono state svolte indagini con lo scopo di verificare la dormienza della popolazione di *C. maritima* della zona costiera del nord della Puglia (dune di Margherita di Savoia) e possibili

trattamenti pregerminativi utili al superamento della stessa.

Le silique mature sono state raccolte a fine agosto 2020 e 2022. I frutti raccolti nel 2020 sono stati conservati in sacchetti di carta in un luogo asciutto a temperatura ambiente (fase di *after-ripening*, cioè di maturazione post-raccolta). I test di germinazione e i trattamenti pregerminativi sono stati eseguiti sui semi raccolti nel 2022 e sui semi *after-ripened (ar)* raccolti nel 2020.

Prova A: cento semi, dopo essere stati estratti manualmente dai frutti, sono stati suddivisi in 4 piastre Petri (10 cm di diametro, carta Whatman N° 1, imbibita con acqua distillata) e posti in camera di crescita a condizioni ottimali per la germinazione (22±2 °C, al buio). Inoltre, i frutti raccolti nel 2020 e nel 2022 sono stati scarificati chimicamente con H₂SO₄ a diverse concentrazioni (0, 20, 40, 60, 80, 100 %) e posti a germinare come descritto in precedenza per i semi.

Prova B: le silique 2022 e le silique *ar* 2020 (25 x 4 ripetizioni) sono state stratificate in sabbia umida, in contenitori di alluminio e conservate al buio a 18-20 °C per 85 giorni (da settembre 2022); successivamente i contenitori

sono stati mantenuti a temperatura esterna per 116 giorni (da dicembre 2022 a maggio 2023). Prima della stratificazione, un campione di silique 2022 è stato imbibito in acqua salina (conducibilità elettrica 36,3 mS cm⁻¹) per 72 ore (per simulare il contatto con acqua di mare a cui i frutti sono esposti in natura) e successivamente lavato in acqua corrente.

I risultati

I semi estratti dai frutti e messi a germinare in condizioni ottimali non hanno mostrato alcuna germinazione. Inoltre, non è stata osservata germinazione da silique su cui è stata eseguita la scarificazione chimica per intaccare la barriera all'acqua e all'aria rappresentata dai tegumenti del frutto (prova A). Da questi risultati è possibile dedurre che la popolazione di *C. maritima* oggetto di studio mostra una dormienza, e che quest'ultima non è dovuta alla presenza dei tegumenti, quasi cuoiosi dei frutti, ma sembra dipendere dallo stato fisiologico dei semi. Un'altra considerazione che emerge dalla prova A è che la conservazione per due anni dei frutti/semi secchi a temperatura ambiente (*after-ripening*) non è stata sufficiente a far superare questa dormienza. Al contrario, lavori condotti su popolazioni di rucola di mare di altre regioni mediterranee (Lazio, Sardegna e Maiorca) hanno riportato una buona germinabilità dei semi (estratti dai frutti) a condizioni di temperatura e luce simili alla presente ricerca.

La prova B ha messo in evidenza risultati altrettanto interessanti, soprattutto in considerazione del fatto che sono stati utilizzati i frutti e non i semi, la cui estrazione è onerosa in quanto va effettuata manualmente. La emergenza delle plantule nei contenitori



6 - Segmento superiore e inferiore del frutto di *C. maritima*



7 - Fiori e silique di *C. maritima*

di sabbia umida è stata osservata a partire da 175 giorni dopo l'inizio della stratificazione. La percentuale di emergenza più elevata è stata osservata per i frutti *ar* (quasi il 70%), avvenuta in circa 60 giorni; questa percentuale si è dimezzata nel caso di frutti raccolti nell'estate del 2022 (*grafico 1*) e la fase di emergenza è stata più breve (*grafico 2*). I frutti raccolti nel 2022 trattati con acqua salina prima della stratificazione hanno mostrato una germinabilità ancora più bassa rispetto ai corrispondenti semi non trattati.

La germinazione dei semi di questa popolazione è pertanto favorita dalla stratificazione umida, come riportato in letteratura. Questo trattamento pregerminativo simula quanto avviene in natura durante i mesi autunno-vernini, in cui l'alternanza delle temperature (caldo/freddo) e le piogge favoriscono il superamento delle cause della dormienza.

Da questo studio emerge che la stratificazione ha un maggiore effetto se i frutti sono raccolti anni prima e conservati secchi in luoghi asciutti

Bibliografia

- 1 - Nikalje et al. (2017). *Halophytes in biosaline agriculture: mechanism, utilization, and value addition*.
- 2 - Accogli et al. (2023). *Edible halophytes and halo-tolerant species in Apulia region (Southeastern Italy): biogeography, traditional food use and potential sustainable crops*.
- 3 - Scott et al. (2006). *Biological flora of the British isles: Cakile maritima Scop.*
- 4 - Placines et al. (2020). *Phenolic profile, toxicity, enzyme inhibition, in silico studies, and antioxidant properties of Cakile maritima Scop. (Brassicaceae) from Southern Portugal*.
- 5 - Finch et al. (2006). *Seed dormancy and the control of germination*.
- 6 - Bruneton J. (2009). *Pharmacognosie. phytochimie, plantes médicinales, 4e éd., revue et augmentée. paris, tec & doc. éditions médicales internationales*.
- 7 - Delphine Arbelet-Bonnina et al. (2019). *Cakile maritima, a promising model for halophyte studies and a putative cash crop for saline agriculture*.
- 8 - Del Vecchio et al. (2018). *Germination responses of Mediterranean populations of Cakile maritima to light, salinity and temperature*.

(*after-ripening*). Inoltre, i risultati del trattamento con acqua salina hanno dimostrato che le possibili inondazioni e/o trasporto dei frutti in acqua marina inibiscono la germinazione dei semi, creando variabilità del grado di dormienza nell'ambito dello stesso areale di crescita della pianta.

In conclusione, questa popolazione di *Cakile maritima* manifesta una dormienza dei semi piuttosto profonda. Sono necessari ulteriori studi per aumentarne la percentuale di germinazione e soprattutto ridurre i tempi di germinazione. Questi sarebbero i presupposti per avviare una tecnica di propagazione sostenibile, a partire dai frutti, e incentivare la coltivazione di questa specie per il recupero e valorizzazione di aree costiere marginali. ●