

Allelopatia: semi e strategie germinative

G. ALIOTTA¹, G. CAFIERO²

¹Seconda Università di Napoli, Via Vivaldi 12, 81100 Caserta, Italia. ²Centro Interdipartimentale di Servizio per la Microscopia Elettronica, Università di Napoli Federico II, Via Foria 223, 80139 Napoli, Italia.

aliottag2002@libero.it

Riassunto. Gli autori riportano informazioni sull'allelopatia e sui campi di applicazione degli effetti allelopatici delle piante. Descrivono, quindi, alcuni studi da loro condotti, coi quali hanno dimostrato che l'infuso di Ruta (*Ruta graveolens* L.) ritarda e diminuisce la velocità della germinazione dei semi di Ravanella (*Raphanus sativus* L.) e può essere utilizzato come bioerbicida nei riguardi della Portulaca (*Portulaca oleracea* L.), una delle peggiori specie infestanti.

Abstract. Authors give information on allelopathy and the application fields of the allelopathic effects of specific plants. In this latter respect, they describe some studies conducted by them on the rue (*Ruta graveolens* L.). The studies showed that the infusion of this species delays and decreases the speed of germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds and works as a bioherbicide in respect of purslane (*Portulaca oleracea* L.), one of the worst weeds in agricultural fields.

Key words: Allelopathy, Germination, *Portulaca oleracea*, Purslane, Radish, *Raphanus sativus*, Rue, *Ruta graveolens*

Ogni pianta nel proprio habitat comunica chimicamente non solo con gli animali (es. insetti), ma anche con altre piante e microorganismi (allelopatia). Il termine allelopatia, coniato dal fisiologo vegetale Hans Molisch nel 1937 (MOLISCH 1937), è riferito agli effetti di una specie vegetale sulla crescita e lo sviluppo di un'altra specie, attraverso il rilascio di sostanze allelochimiche nell'ambiente. Molisch coniò il termine studiando un problema di frutticoltura che causava danni economici: la rapida maturazione delle mele e delle pere di varietà tardive, quando erano conservate accanto a mele e pere di varietà precoci. Egli dimostrò che la sostanza responsabile della maturazione anticipata dei frutti tardivi era l'etilene liberato dai frutti precoci. Inoltre, Molisch scoprì che la crescita della radice delle plantule di veccia (*Vicia sativa* L.) e di pisello (*Pisum sativum* L.) era inibita quando i semi erano fatti germinare sotto una campana di vetro, in presenza di alcune mele. Nel suo libro riportò: "Il fenomeno che una pianta possa influenzare un'altra gioca un ruolo importante in

fisiologia vegetale e merita un termine ad esso dedicato. Pertanto, conio la parola allelopatia dalle parole greche 'allelon', che significa 'reciproco', e 'pathos', che significa 'danno' o 'affezione'. La parola più breve allopatia sarebbe altrettanto appropriata ma è già presente in letteratura come opposto di omeopatia." (MOLISCH 1937).

A tal proposito, è importante sottolineare ciò che scrisse sul modo di conservare le mele Lucio Moderato Columella (I sec. d. C.), nel suo celebre trattato *De Re Rustica* (COLUMELLA 1948): "... si fabbricano delle cassette di faggio o di tiglio e si pongono in un luogo freddo e asciutto, sul fondo delle cassette si distende della carta e poi vi si dispongono le mele secondo la posizione che avevano sull'albero, badando che un frutto non tocchi l'altro. Bisogna pure riporre attentamente le diverse qualità di mele in cassette separate, perché, quando qualità diverse sono poste insieme, non vanno d'accordo fra loro e ben presto si rovinano."

Non meno interessanti sono le 'osservazio-

ni allelopatiche' di altri scrittori georgici. Marco Porcio Catone detto il Censore (234-140 a. C.), autore del *De Agricultura* (CATONE 1964), l'opera georgica latina più antica, riporta che "i ceci, l'orzo, il fieno greco e la vecchia esauriscono il suolo, riducendo la crescita del frumento."

Virgilio (70-19 a. C.), nelle *Georgiche* (VIRGILIO 1995), scrive: "La messe del lino brucia il terreno, lo brucia l'avena, lo bruciano anche i papaveri perfusi di sonno leteo, tuttavia alternando le colture la fatica è leggera."

Infine, Plinio il Vecchio (23-79 d. C.), nella *Naturalis Historia* (PLINIO 1984), riporta: "L'ombra del noce è opprimente e dannosa, fa anche venire il mal di testa e danneggia tutta la coltura circostante. Anche quella del pino uccide le erbe Comunque è sicuramente veleno, per tutto ciò che tocca, l'ombra dei noci, dei pini e degli abeti."

Queste osservazioni ponevano il dubbio se l'interferenza tra le diverse piante fosse dovuta alla competizione per qualche risorsa (es. luce, acqua e nutrienti) oppure di tipo allelopatico.

In tempi più recenti, il botanico Elroy Rice (1917-2000), che analizzò il ruolo dell'allelapatia sia nell'ambito dell'ecologia del campo coltivato sia in natura, ne propose un significato più ampio, definendo il fenomeno: "Ogni effetto diretto o indiretto, dannoso o benefico di una pianta (inclusi i microrganismi) su un'altra, attraverso la produzione di composti chimici liberati nell'ambiente." (RICE 1984).

Tale cambiamento del paradigma implica una maggiore complessità per accertare un fenomeno allelopatico sia negli agroecosistemi sia in natura, dove una rete dinamica di sorprendenti interazioni e interdipendenze tra gli organismi esiste a tutti i livelli. Difatti, l'interazione chimica tra le piante e gli altri organismi è un processo che coinvolge molti tipi di sostanze e risposte diverse da parte degli organismi bersaglio. Un'efficace ricerca nel campo dell'allelapatia richiede, pertanto, le competenze di diversi specialisti in campi relativamente affini: botanica, chimica, fisiologia vegetale ed ecologia. Questa collaborazione si è finora realizzata in pochi progetti di ricerca. Attualmente gli ecologi ritengono che l'indivi-

duazione di un fenomeno allelopatico richieda le seguenti prove: (a) dimostrare l'interferenza in campo tra le specie usando controlli appropriati; (b) isolare e identificare le sostanze allelochimiche liberate dalle piante, generalmente infestanti e/o velenose; (c) saggiare tali sostanze immesse nell'ambiente (per dilavamento delle foglie dovuto alle piogge, essudazione radicali e decomposizione di parti residue della pianta) su altre specie presenti (es. germinazione e sviluppo) nello stesso habitat evidenziandone l'attività biologica (BIAS *et al.* 2003).

La ricchissima bibliografia esistente dimostra che l'attenzione dei ricercatori si è focalizzata perlopiù sui semi delle specie coltivate, chiarendo molti aspetti biochimici, fisiologici e nutrizionali. Meno interesse ha ricevuto lo studio embriologico del seme in rapporto alla sua posizione filogenetica, e poco è noto sulle complesse interazioni tra le sue parti fondamentali e tra queste e l'ambiente (EVENARI 1980).

La formazione del seme è un processo complesso e affascinante che porta allo sviluppo di tre strutture fondamentali: embrione, endosperma e tegumento, che hanno tre corredi genetici distinti. L'embrione ha un corredo cromosomico diploide, per metà maschile e per metà femminile. L'endosperma ha un corredo cromosomico triploide, per due terzi femminile e un terzo maschile. Infine, il tegumento possiede un corredo cromosomico diploide di origine femminile. Pertanto, nella formazione del seme il contributo genetico femminile è maggiore di quello maschile (5/2).

Gli studi degli autori del presente lavoro riguardano: (a) il possibile ruolo allelopatico delle piante infestanti e medicinali e il loro uso come fonte di allelochimici utilizzabili come sostituti di erbicidi e pesticidi nell'agricoltura sostenibile; (b) l'identificazione dei siti bersagli su cui agiscono gli allelochimici in semi di piante coltivate e infestanti. Tali ricerche, che qui esemplifichiamo con due casi studio, hanno dimostrato che lo strato di cellule viventi più esterne del seme ha un ruolo fondamentale nel *primum movens* della germinazione, perciò esso rappresenta il principale bersaglio degli allelochimici (ALIOTTA & CAFIERO 1999; ALIOTTA *et al.* 1994, 1996, 2002, 2005, 2008).

Una specie rivelatasi materiale di elezione per questo tipo di indagine è risultata la Ruta (*Ruta graveolens* L.), un'antica pianta medicinale considerata abortiva già da Plinio il Vecchio.

La Ruta è un arbusto sempreverde originario dei Balcani; le foglie hanno un sapore amaro ed emettono un odore pungente se stropicciate. La pianta è citata in tutti gli antichi testi

I semi di Ravanello sono ovali (3 x 2 mm) con una superficie reticolata e un colore castano chiaro. Nel tegumento del seme maturo sono riconoscibili tre strati di cellule: l'epidermide (formata da cellule compresse), lo strato a palizzata (formato da cellule più o meno isodiametriche e radicalmente allungate) e lo strato di cellule pigmentate. L'endosperma è costituito da un solo strato di cellule aleuroniche

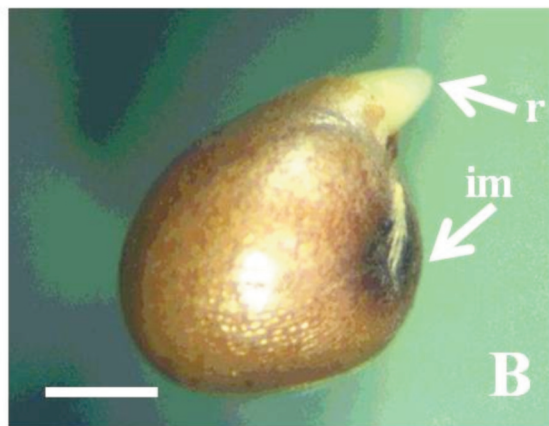
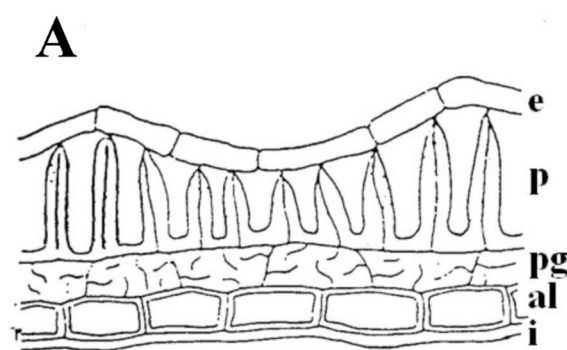


Fig. 1 - A. Struttura del tegumento e dell'endosperma del seme di Ravanello, come descritte da VAUGHAN & WHITEHOUSE (1971). e, epidermide; p, tessuto a palizzata; pg, strato pigmentato; al, strato aleuronico; i, strato ialinico. B. Stereomicrografia di seme di Ravanello germinante: sono ben visibili la radichetta (r) e la regione ilo micropilare (im). Barra = 1 mm. (Da: ALIOTTA & CAFIERO 1999).

di piante medicinali ed è attualmente riportata nella farmacopea di ventotto Paesi come stimolante, antispasmodica, diuretica ed emmenagoga; inoltre le foglie sono utilizzate per aromatizzare cibo e bevande (DUKE 1985).

In Italia, la Ruta è largamente coltivata per le sue proprietà aromatiche e per ornamento, inselvatichita in tutta la Penisola; essa è sicuramente spontanea sul Carso Triestino dove è abundantissima (PIGNATTI 1982).

La pianta è anche responsabile di fotodermatiti dovute all'abbondante presenza di sostanze fototossiche sulle sue parti aeree, in particolare foglie e frutti. ZOBEL & BROWN (1995) hanno evidenziato la presenza abbondante di furanocumarine (1 µg/g di peso fresco) sulla superficie fogliare di Ruta, ipotizzando per tali sostanze un ruolo ecologico.

intimamente associate al tegumento. Infine, uno strato ialinico ricopre l'embrione (Fig.1).

Risultati del primo caso studio

Le proprietà della Ruta sopra citate ci suggerirono di sperimentare gli effetti di un semplice infuso della pianta sulla germinazione dei semi di Ravanello (*Raphanus sativus* L. cv. 'Saxa') comunemente usati nei test allelopatici. Fu così accertato che un infuso al 10% di Ruta ritarda e diminuisce la velocità della germinazione dei semi di Ravanello rallentando la loro imbibizione, impedendo il rigonfiamento del tegumento seminale e delle annesse cellule aleuroniche dell'endosperma, eventi che precedono la protrusione della radichetta (Fig. 2-6) (ALIOTTA & CAFIERO 1999).

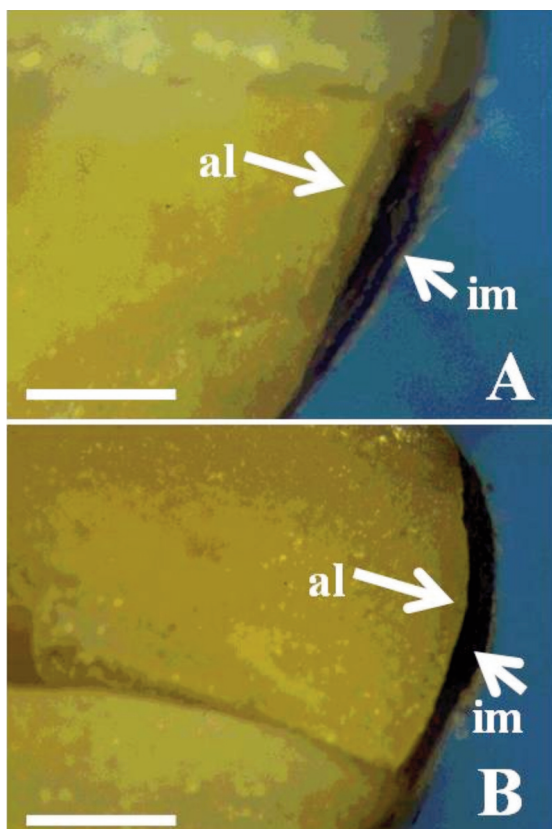


Fig. 2 - Stereomicrografie di semi di Ravanello, imbibiti con acqua (A) e trattati con Ruta (B), dopo 18 ore. I semi sono stati tagliati lungo i due piani ortogonali dei loro assi maggiori. La regione ilo-micropilare mostra due bande dello strato aleuronico in A e una banda in B. Barra = 0,5 mm. (Da: ALIOTTA & CAFIERO 1999).

SECONDO CASO STUDIO: RUTA *VERSUS* PORTULACA

Sulla base dei risultati ottenuti con i semi di Ravanello, si ritenne opportuno saggiare l'infuso di Ruta come potenziale bioerbicida in un suolo agricolo in cui fu osservata la prevalenza della Portulaca (*Portulaca oleracea* L.), le cui piante rappresentavano il 95% delle piante delle specie presenti (ALIOTTA *et al.* 1995).

Pertanto, le nostre ricerche furono focalizzate sulla biologia e l'ecologia della Portulaca.

Descrizione botanica della Portulaca

La Portulaca (o Porcellana) (Fig. 7) è una pianta erbacea annuale che si riproduce per seme. Cresce prostrata sul terreno occupando talvolta aree con più di 60 cm di diametro; il numero di plantule per m² è circa 300. La radice principale è ispessita con molte radici secondarie. Il fusto è prostrato, glabro, succulento e rosso-bruno; i rami primari e secondari ispessendosi in maniera simile al fusto principale determinano un accrescimento radiale. Le foglie sono carnose e succose, sessili, obovate, inferiori opposte a due a due, medie alternate, superiori raggruppate in pseudo verticilli, lunghe 0,4-2,8 cm, larghe 0,2-1,3 cm. I fiori sono piccoli, solitari o in fascetti ascellari delle ramificazioni superiori, aperti solo nelle mattine assolate, con calice a forma di coppa con 2 se-

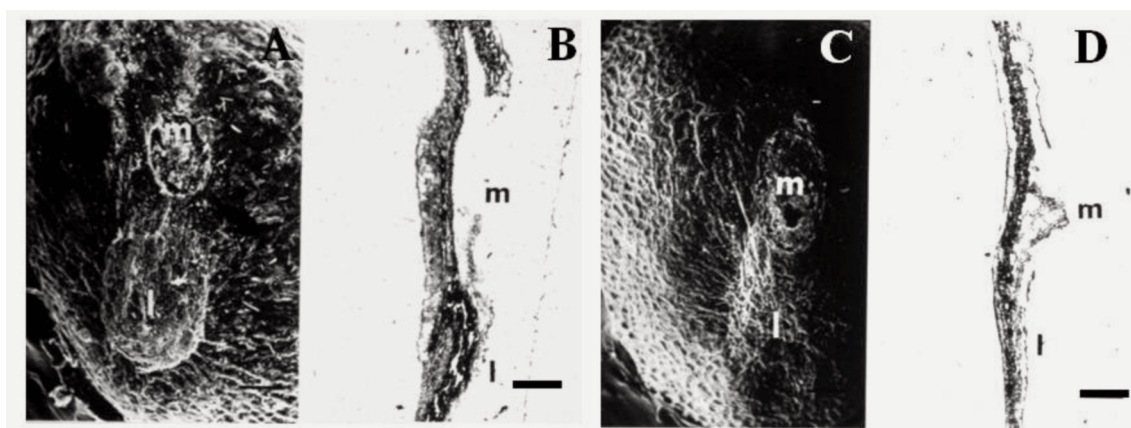


Fig. 3 - Micrografie al microscopio elettronico a scansione (A, C) e in sezioni semisottili al microscopio ottico (B, D) della regione ilo-micropilare del seme di Ravanello, 18 ore dopo la semina. L'ilo è molto più evidente nel seme imbibito in acqua (A, B) piuttosto che nel seme trattato con ruta (C, D). I, ilo; m, micropilo. Barra = 150 µm. (Da: ALIOTTA & CAFIERO 1999).

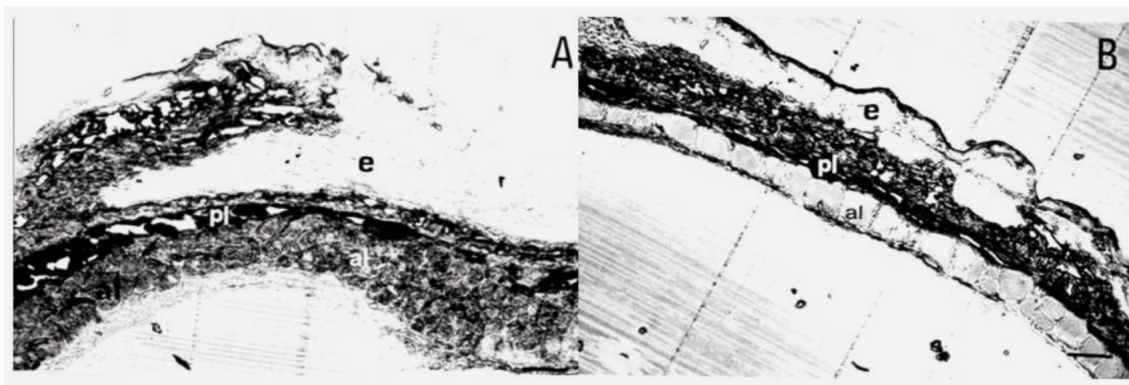


Fig. 4 - Sezioni semisottili al microscopio ottico della regione ilo-micropilare del seme di Ravanello imbibito in acqua (A) e del seme trattato con Ruta (B), dopo 18 ore. e, epidermide; pl, palizzata; al, strato aleuronico. Barra = 150 μ m. (Da: ALIOTTA & CAFIERO 1999).

pali lunghi 4 mm, corolla formata da 4-6 petali gialli di poco più corti dei sepali, stami 6-12, stili 4-6, ovario semi-infero. Il frutto è una cap-

sula di 4-9 mm di diametro che a maturità si divide in due per mezzo di una fessura circolare: la parte superiore cade e mette allo scoperto i semi, di colore nero, di circa 1,1 x 1,0 mm. Può presentare 100.000 semi per m² nei primi 10 cm del suolo. Il peso di 100 semi è circa di 40 mg.

Il luogo di origine della *P. oleracea* è ancora oggetto di discussione; in passato la si riteneva originaria dell'Asia, ma studi più recenti indicano l'America meridionale o il Nord Africa come luoghi più probabili.

Attualmente *P. oleracea* rappresenta l'ottava specie delle Angiosperme più diffusa al mondo nelle aree agricole, con una distribuzione in tutte le aree tropicali e temperate.

In Italia la pianta è diffusa fin dall'epoca dell'Impero Romano in tutta la Penisola, dal mare fino alla zona submontana, dove cresce comunemente nei campi, negli orti, presso le case e lungo le strade.

La Portulaca mostra una crescita ottimale nei terreni fertili aventi valori di pH 5,6-7,8; l'accrescimento è limitato ai 3-4 mesi più caldi dell'anno (giugno-settembre). Data la sensibilità al freddo la pianta non cresce a latitudini superiori ai 60° N poiché i semi, benché resistenti al freddo fino a -30 °C, richiedono alte temperature (>24 °C) per la germinazione.

La pianta è ad alta efficienza fotosintetica, con una spiccata resistenza alla siccità: irrigazioni di 10 mm di acqua settimanali sono sufficienti per l'accumulo di materia organica e la formazione dei semi. Per garantire un efficace assorbimento di acqua e sali minerali l'appara-

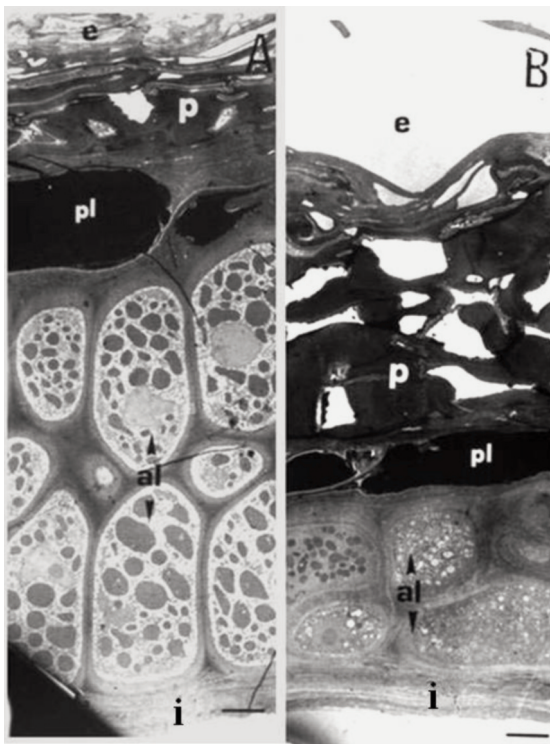


Fig. 5 - Confronto al microscopio elettronico a trasmissione tra le cellule del tegumento e dell'endosperma del seme di Ravanello imbibito in acqua (A) e quelle del seme trattato con Ruta (B), dopo 18 ore dalla semina. Il controllo mostra un sottile strato di cellule a palizzata e gli strati pigmentato e aleuronico molto più sviluppati. e, epidermide; p, palizzata; pl, strato di cellule pigmentate; al, strato aleuronico; i, strato ialinico. Barra = 30 μ m. (Da: ALIOTTA & CAFIERO 1999).

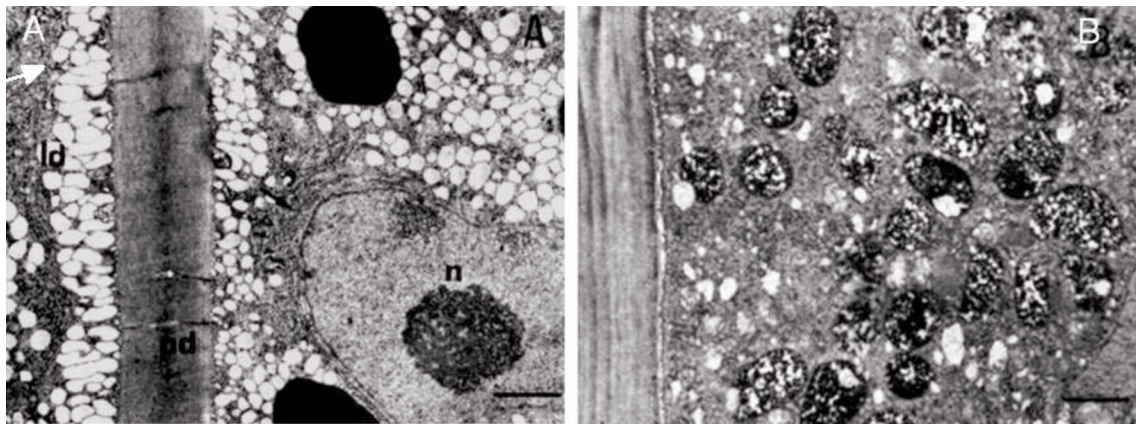


Fig. 6 - Confronto al microscopio elettronico a trasmissione di sezioni di cellule aleuroniche del seme di Ravanella imbibito in acqua (A) e del seme trattato con Ruta (B), dopo 18 ore. Le cellule aleuroniche del controllo mostrano il nucleo (n) e organelli ben sviluppati: reticolo endoplasmico ruvido (freccia), plasmodesmi (pd) e corpi lipidici (ld). Lo sviluppo delle cellule aleuroniche del seme trattato con Ruta (B) appare in netto ritardo. Barra = 5 μ m. (Da: ALIOTTA & CAFIERO 1999).

to radicale può arrivare a 153 cm di diametro.

P. oleracea è una specie autogama con fiori ermafroditi autoimpollinanti. Ha numero cromosomico $2n=54$. Nel 1823, Giambattista Amici, studiando la Portulaca, scoprì la vera natura del tubetto pollinico e dimostrò che l'embrione deriva dall'oosfera fecondata (MORTON 1981).



Fig. 7 - *Portulaca oleracea* (Portulaca), l'ottava pianta infestante al mondo (vedere Tab. I).

La Portulaca è citata come uno dei più antichi ortaggi mangiati dall'uomo. Molti animali, tra cui i maiali, ne sono ghiotti. Specie in passato, la pianta era utilizzata sia nell'alimentazione sia in medicina in molte parti del mondo. In Canada, inoltre, serviva come fonte di un colorante blu. Nel Sud Europa e in Asia *P. oleracea* var. *sativa* DC. è coltivata per essere consumata cotta o come insalata, così come il tipo selvatico.

In Italia la porzione aerea della pianta o, meglio, le foglie tenere sono un gustoso complemento di insalate crude o cotte. Le foglie fresche sono state usate come dissetante. Nella medicina popolare la polpa veniva applicata sulla fronte e sulle tempie per rinfrescare i febbricitanti e anche applicata sulla pelle per lenire le infiammazioni. Il succo era utilizzato per normalizzare gengive dolenti e arrossate; viene ancor oggi suggerito per mitigare le affezioni infiammatorie acute della pelle quali foruncoli e orticaria.

La Portulaca è considerata erba infestante di 45 colture in 81 nazioni. In Italia è molto comune fra le colture di ortaggi, fiori annuali, fragole, tabacco, granoturco, ecc. Essa rappresenta un serio problema per i giardini e per i raccolti orticoli aventi un alto valore economico per unità di area.

La pianta può essere un ospite alternativo per pericolosi parassiti di importanti colture, quali il nematode della barbabietola da zucchero, il virus del mosaico del tabacco e il

fungo *Albugo portulacae*.

Le strategie della disseminazione della *Portulaca* furono scoperte nell'Orto Botanico di Napoli da Federico Delpino, che nel 1903 così scriveva: "I frutti della *Portulaca* offrono un bellissimo esempio di eteromericarpia. Infatti, il frutto sembra a prima vista monomero e semplice, invece durante il suo sviluppo esso viene diviso in due camere, una basale, ampia e piena di piccoli semi, che si apre per circumscissione spargendo i semi nei pressi della pianta, l'altra camera è piccolissima, globulare e apicale e contiene 2-3 semi. Il destino dei semi delle due camere è molto diverso! I semi che vengono sparsi a seguito dell'apertura del pissidio poco si discostano dalla pianta madre e quindi provvedono alla disseminazione a piccola distanza. Ben altrimenti si comportano i pochi semi inclusi nell'opercolo, che si comporta come le samare dell'ailanto. Leggerissimi e alati possono essere trasferiti dal vento a considerevole distanza. I vantaggi di questo duplice modo di disseminazione contribuiscono non poco alla dispersione di questa pianta cosmopolita." (DELPINO 1903).

Alcuni degli aspetti morfo-funzionali del frutto della *Portulaca* sono riportati nella Fig. 8.

Non meno sorprendente è la germinazione dei semi di *Portulaca* (Fig. 9). In questi semi la zona micropilare capta gli stimoli dell'ambiente esterno e li trasmette al più vicino strato di cellule vive del tegumento o dell'endosperma. Difatti queste cellule, se il seme è in condizioni ottimali, sono le prime a riattivarsi e a protrudere dal micropilo, assumendo il ruolo di "periscopio" sull'ambiente. Esse controllano il *primum movens* della germinazione e avvolgono la radichetta nelle prime fasi della germinazione, proteggendola e facilitandone l'ancoraggio. In presenza di eventuali fattori inibitori, tali cellule inducono un blocco reversibile della germinazione.

Risultati del secondo caso studio

Per gli esperimenti sulla *Portulaca* il suolo era posto in contenitori di plastica che erano trattati con tre diverse concentrazioni di Ruta (1, 5, 10%). I trattamenti più efficaci (5 e 10%), ripetuti tre volte settimanalmente, ritar-

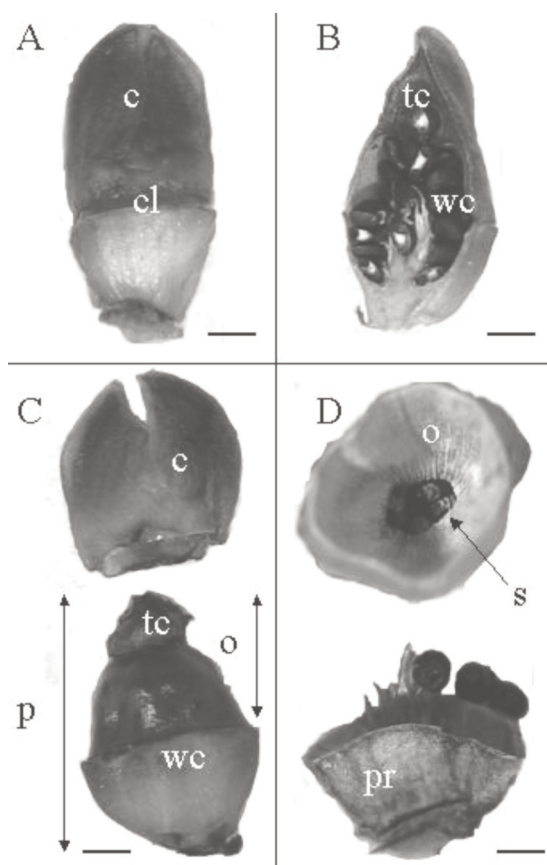


Fig. 8 - Immagini allo stereomicroscopio che mostrano gli aspetti morfo-funzionali del frutto della *Portulaca*. **A.** Capsula con la caliptra (c) e la linea di circumscissione (cl). **B.** Sezione longitudinale della capsula con la camera basale ampia e ricca di semi (wc) e l'altra piccola (tc). **C.** Capsula immatura con la caliptra (c), il pissidio (p), con la piccola camera (tc), che si restringe all'apice, e la camera basale (wc) ricoperta dall'opercolo (o). **D.** L'opercolo (o) contenente alcuni semi pronti al volo. S, residuo del pissidio (pr). Barra = 1 mm. (Da: ALIOTTA *et al.* 2005).

davano di circa venti giorni la nascita della *Portulaca* rispetto al controllo (Fig. 10 e 11) (ALIOTTA *et al.* 1995).

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE PIANTE INFESTANTI DEI CAMPI AGRICOLI

Nei suoli esaminati nel secondo caso studio risultarono presenti, sebbene in numero inferiore a quello della *Portulaca*, piante di specie considerate tra le peggiori infestanti dei campi agricoli, quali *Cyperus rotundus* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L.,

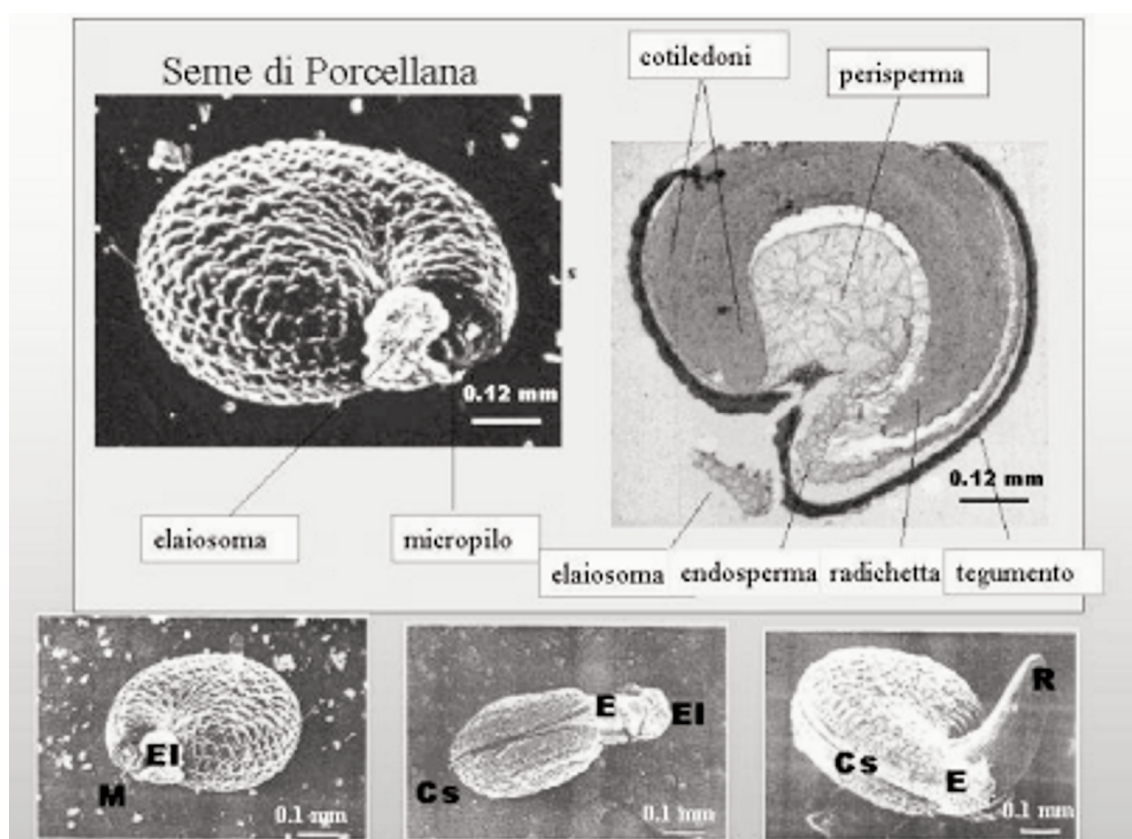


Fig. 9 - L'affascinante strategia dei semi di Porcellana (o Portulaca): l'endosperma controlla la germinazione facendo da 'periscopio' sul mondo esterno. In condizioni ottimali la radichetta (R) protrude nella regione del micropilo (M) e dell'elaiosoma (EI), lacerando l'endosperma (E). Cs = Circumscissione della faccia laterale. (Da: ALIOTTA *et al.* 2005).

Cynodon dactylon (L.) Pers. e *Euphorbia exigua* L. (ALIOTTA *et al.* 1995), gran parte delle quali considerate tra le peggiori infestanti dei campi agricoli (Tab. I).

Per capire perché le specie infestanti sono sempre state associate alle colture e perché talvolta possono ibridarsi con esse, facciamo alcune considerazioni sulle peggiori piante infestanti al mondo riportate nella Tab. I.

Alcune di esse sono geneticamente affini a quelle coltivate avendo progenitori comuni (per es., *Avena fatua* L. e *Avena sativa* L., *Sorghum halepense* (L.) Pers. e *Sorghum bicolor* (L.) Moench; inoltre, i semi del Giavone, del Farinaccio selvatico e dell'Amaranto sono stati, in passato, importanti fonti di cibo, mentre la Portulaca è una specie alimentare e medicinale.

Ci sarebbe da chiedere perché chiamiamo malerbe queste specie che in molti casi sono delle potenziali risorse. La risposta è che esse crescono nel posto sbagliato! La loro storia

naturale ci insegna che esse hanno evoluto ingegnose strategie nei campi coltivati e negli altri habitat antropizzati. Infatti, una tipica specie infestante produce migliaia di piccoli semi per singola pianta, ha una crescita veloce, resiste alla rimozione manuale per la sua radice fittonante e spesso ha un ciclo vitale annuale. Se a questo aggiungiamo che il numero dei semi delle infestanti in un suolo agricolo al momento dell'aratura può raggiungere il milione per metro quadro, si intuisce che nessuna pianta coltivata può prosperare senza l'aiuto dell'uomo. Pertanto, i campi privi di malerbe e i raccolti non infestati da parassiti rappresentano il sogno di ogni contadino fin dalla nascita dell'agricoltura. Paradossalmente, è stata proprio l'attività dell'uomo (per es., agricoltura, urbanizzazione, incendi e inquinamento) a provocare i cambiamenti degli habitat naturali.

Le basi fondamentali per il controllo delle piante infestanti i campi agricoli implicano le seguenti conoscenze: le specie presenti e il li-

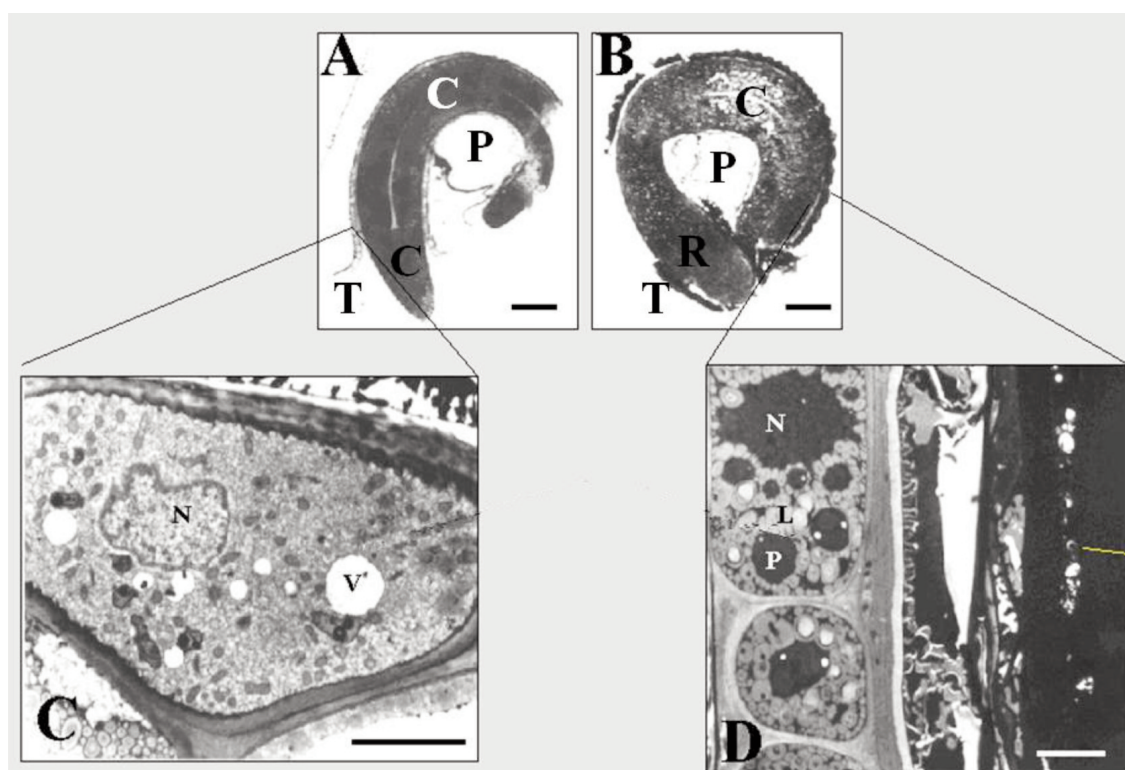


Fig. 10 - Micrografie al microscopio ottico dei semi controllo e trattati di *Portulaca* dopo 30 ore dalla semina (A, B) e al microscopio elettronico a trasmissione (C, D) mostrano le cellule del tegmen del seme controllo e del seme trattato. C, cotiledoni; P, perisperma; R, radichetta, T, tegumento; N, nucleo; V, vacuolo; L, lipidi; P, corpi proteici. Barra = 0,1 mm in (A, B), 5 μ m in (C, D). (Da: ALIOTTA *et al.* 1995).

Tab. I - Le peggiori malerbe del mondo. (Da: HOLM *et al.* 1977; modificata)

	Specie	Origine - Diffusione - Forma biologica
1	<i>Cyperus rotundus</i> L. (Cyperaceae), Zigolo infestante	India - Subcosmopolita nella fascia tropicale e subtropicale - Geofita
2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (Gramineae), Gramigna	Africa tropicale – Subcosmopolita nella fascia tropicale e subtropicale - Geofita
3	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv. (Gramineae), Giavone	Europa, India - Termocosmopolita - Terofita
4	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner (Gramineae), Gramigna indiana	Asia - Termocosmopolita - Terofita
5	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. (Gramineae), Sorgo	Regione Mediterranea – Termocosmopolita - Geofita
6	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv. (Gramineae), Falasco	Eurasia - Subcosmopolita nella fascia tropicale e subtropicale - Geofita
7	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms. (Pontederiaceae), Giacinto d'acqua	Amazzonia - Subcosmopolita nella fascia tropicale e subtropicale - Idrofita
8	<i>Portulaca oleracea</i> L. (Portulacaceae), Portulaca o Porcellana	Sud Europa, Nord Africa - Termocosmopolita - Terofita
9	<i>Chenopodium album</i> L. (Chenopodiaceae), Farinaccio	America - Termocosmopolita - Terofita
10	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. (Gramineae), Sanguinella	Europa - Termocosmopolita - Geofita
11	<i>Convolvulus arvensis</i> L. (Convolvulaceae), Vilucchio	Europa - Cosmopolita - Geofita
12	<i>Avena fatua</i> L. (Gramineae), Avena selvatica	Eurasia - Subcosmopolita - Terofita
13	<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (Amaranthaceae), Amaranto	America – Termocosmopolita - Terofita

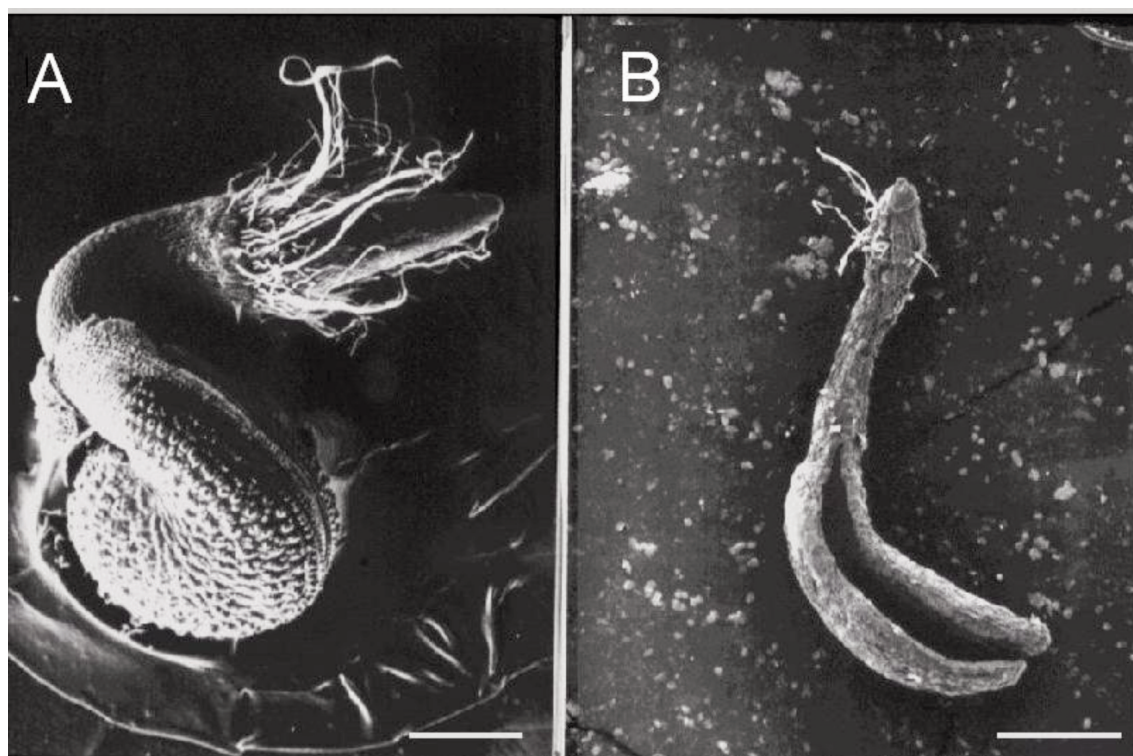


Fig. 11 - Micrografie al microscopio elettronico a scansione del seme controllo (A) e trattato (B) di *Portulaca* dopo 30 ore dalla semina. Barra = 0,1 mm. (Da: ALIOTTA *et al.* 1995).

vello di infestazione, la biologia e l'ecologia delle specie prevalenti, l'interferenza con le colture, i metodi di controllo che garantiscono la sicurezza alimentare e ambientale.

CONCLUSIONE

Sebbene siano necessarie ulteriori ricerche per l'impiego applicativo degli allelochimici di *Ruta*, poiché bisogna stabilire la loro tossicità sulle piante coltivate e il loro tempo di residenza nel suolo, i risultati ottenuti evidenziano il contributo essenziale della biologia vegetale ad una visione olistica dell'allelopatia.

A tal proposito un autorevole botanico, come Michael Evenari (EVENARI 1980), ha evidenziato che lo studio del seme può fornire importanti risultati utili sia alla ricerca pura sia alla ricerca applicata all'agricoltura. La complessità dei fenomeni coinvolti nel processo germinativo è molto elevata, perché sono coinvolte tre strutture fondamentali aventi tre genomi diversi: tegumento (diploide di origine materna), l'endosperma (triploide, per 2/3 di origine materna e per 1/3 di origine paterna) e l'embrione diploide (1/2 di origine materna e 1/2 di origine paterna), che determinano il *primum movens* della germinazione.

LETTERATURA CITATA

- ALIOTTA G., CAFIERO G. 1999. Biological properties of rue (*Ruta graveolens* L.). Potential use in sustainable agricultural systems. In: Inderjit, K.M.M. Dakshini, Chester L. Foy (Ed.). Principles and practices in plant ecology: pp. 551-563. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- ALIOTTA G., CAFIERO G., DE FEO V., PALUMBO A.D., STRUMIA S. 1995. Inhibition of weeds germination by a simple infusion of rue. Proceedings of XXII Annual Meeting of Plant Growth Regulator Society of America 93-97, Minneapolis, Minnesota (USA).
- ALIOTTA G., CAFIERO G., DE FEO V., PALUMBO A.D., STRUMIA S. 1996. Infusion of rue for control of purslane weed: biological and

- chemical aspects. *Allelopathy J.* 3: 207-216.
- ALIOTTA G., CAFIERO G., FIORENTINO A. 2002. Phenolic compounds from olive oil mill wastewater against the tricky germination of two worst weeds. In: M.J. Reigosa, N. Pedrol (Ed.). *Allelopathy from molecules to ecosystems*. pp. 129-138. Science Publishers, Inc., Plymouth, UK.
- ALIOTTA G., CAFIERO G., POLLIO A. 2005. Understanding plant strategies: broader view for allelopathy scientists. *Allelopathy J.* 16 (1): 63-76.
- ALIOTTA G., MALLIK A., POLLIO A. 2008. Historical examples of agriculture and ethnobotany from the Mediterranean Region. In: R.S. Zeng, A. Mallik, S.L. Luo (Ed.). *Allelopathy in sustainable agriculture and forestry*. pp. 11-28. Springer Verlag, New York .
- BIAS H.P., VEPACHEDU R., GILROY S., CAL-LAWAY R.M., VIVANCO J.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. *Science* 301: 1377-1380.
- CATONE M.P. 1964. *Liber de Agricultura*. (*De Agricultura*, XXXVII consiglio). Ed. REDA, Roma.
- COLUMELLA L.M. 1948. *De Re Rustica* (Libro XII, 47). Ed. REDA, Roma.
- DELPINO F. 1903. Notizie fitobiologiche. *Bollettino dell'Orto Botanico di Napoli* 1 (4): 427-429.
- DUKE J.A. 1985. *Handbook of medicinal herbs*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- EVENARI M. 1980. The history of germination research and the lesson it contain for today. *Israel Bot. J.* 29: 4.
- HOLM G.L., PLUCKNETT D.L., PANCHOV V.J., HERBERGER J.P. 1977. *The world's worst weeds*. The University Press of Hawaii, Honolulu.
- MOLISCH H. 1937. *Der Einfluss einer Pflanzen auf die andere Allelopathie*. Verlag G. Fischer, Jena.
- MORTON A.G. 1981. *History of botanical sciences*. Academic Press, London.
- PIGNATTI S. 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.
- PLINIO. 1984. *Storia Naturale*. (Libro XVII, 89-91). Ed. Einaudi, Torino.
- RICE E.L. 1984. *Allelopathy*. 2 ed., Academic Press, Orlando, Florida.
- VAUGHAN J.G., WHITEHOUSE J.M. 1971. Seed structure and taxonomy of Cruciferae. *Bot. F. Linn. Soc.* 64: 383.
- VIRGILIO. 1995. *Georgiche* (Libro 1,77). Ed. Rizzoli, Milano.
- ZOBEL A.M., BROWN S.A. 1995. Coumarins in the interactions between the plant and its environment. *Allelopathy J.* 2: 9-20.

Pubblicato nel mese di dicembre 2016