



## il Naturalista campano

pubblicazione aperiodica

Proprietà alternative dei fito-estratti di *Artemisia* (Asteraceae): allelopatia.  
Contributo sulla agro-ecologia delle colture oggetto del progetto Co.Al.Ta.

Salvatore Vicidomini

Progetto *Co.Al.Ta./2*: C.R.A. - I.S.T. sede di Scafati, via Vitiello 108, 84018 Scafati (SA); e-mail: vicidomini@freeweb.org. - salvatore.vicidomini@unina.it

Fondazione Iridia, Museo Naturalistico, Via Forese, 84020 Corleto Monforte (SA); e-mail: [biodidattica@freemail.it](mailto:biodidattica@freemail.it)

### Abstract

*Artemisia*-induced allelopathy has been showed in 15 species (*A. annua* most interesting ones) on about 52 plant genera, as follows: Amaranthaceae 3 genera; Apiaceae 2; Asteraceae 8; Brassicaceae 4; Graminaceae 3; Papilionaceae 5; Poaceae 16; Solanaceae 2; 1 genus per Araceae, Cistaceae, Cucurbitaceae, Linaceae, Onagraceae, Pinaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Violaceae. Allelopathic effects have due to aqueous or alcoholic extracts, epigeal or ipogea plant organs or from soil. Allelopathic effects affect seed germination and plant productivity. Main allelochemicals recognized are absinthine, arteannuine-B, arteannuine, artemine, artemisinin and 9 semi-synthetics derived, arteannuine, arteannuine-B, artesunate, arteether, dehidro-artemisinin, deoxy-artemisinin, tauremisine, taurine (sesquiterpens), capillene (alchin-idrocarbure), and some essential oil components, *alfa*-pinene, *beta*-pinene, canfor, 1,8-cineol, CH<sub>3</sub>-jasmoate, eucalyptol.

### Introduzione

Il progetto Co.Al.Ta. (Reg.CEE2182/02), Colture Alternative al Tabacco, ha l'obiettivo di individuare e promuovere colture economicamente alternative al tabacco in Italia, occupandosi fondamentalmente di ricerca e sperimentazione sulle specie botaniche individuate. Al Co.Al.Ta. si affianca il progetto gemello Di.Al.Ta., concernente la divulgazione dei risultati raggiunti dal Co.Al.Ta. stesso, aggiungendo una vasta e ricca raccolta bibliografica sulle tematiche affrontate.

*Artemisia annua* (Compositae: Asteraceae) è una delle più promettenti colture individuate, grazie soprattutto alle potenti attività antimalariche dell'artemisinina, estratta anche da pochissime altre specie congeneri (*A. apiacea*, *A. cina*, *A. lamcea*, *A. sieberi*: Saitbaeva & Sidyakin, 1971; Arab et al., 2006), appartenente alla classe dei lattoni ossisquiterpeni. Una rapida ricerca bibliografica condotta nel 2005 su *A. annua* ha però permesso di evidenziare non solo l'imponente letteratura riguardante artemisinina e derivati contro la malaria, ma di scoprire che un cospicuo numero di principi attivi del metabolismo secondario sia noto avere importanti e quantomai variegati effetti biologici. Questo ha reso *A. annua* e specie congeneri, estremamente interessanti per le proprietà alternative a quelle anti-malariche di artemisinina e derivati, tanto che nel 2006 si è deciso di allargare a tutte le specie di *Artemisia* (caratterizzate da un metabolismo secondario molto uniforme) la ricerca bibliografica sulle proprietà biologiche dei fitoestratti su target non-umano. Risultati preliminari di tale ricerca hanno permesso di chiarire e quantificare l'estensione di tali proprietà alternative dei fitoestratti, come, proprietà anti-dittero (Vicidomini et al., 2006),

anti-elmintiche (Keiser & Utzinger, 2004; Utzinger & Keiser, 2004; Vicidomini et al., 2006), anti-microbiologiche (Vicidomini, 2007), carcino-citotossiche (Lai et al., 2005), etnofarmacologiche-veterinarie (Viegi et al., 2003), insetticide (Vicidomini & Raimo, 2007), molluschicide (Vicidomini, 2006), e inoltre uso farmacologico di preparati a base di estratti di *Artemisia* in diversi stati U.E. (European Pharmacopoeia, 2001), e nelle medicine tradizionali cinesi e indiana (Patwardhan et al., 2005).

Non ultime, tra tali proprietà alternative, vi sono certamente gli effetti allelopatici, ovvero di interferenza negativa nei confronti di altre specie vegetali. La letteratura sull'argomento non è enorme ma molto dispersa e non sempre di facile accesso, anche se ultimamente l'interesse è certamente crescente su riviste molto specializzate (*A. californica*: Muller et al., 1964; Muller, 1966. *A. vulgaris*: Melkania et al., 1982. *A. annua*: Ferreira & Janick, 2004; Mu et al., 2006). Teoricamente tra gli effetti allelopatici potrebbero rientrare anche quelli mico-tossici e/o mico-statici, sui quali invece la letteratura è molto vasta (Vicidomini, 2007) ma in questa sede si focalizzeranno solo gli effetti allelopatici esibiti nei confronti delle sole piante superiori.

#### Metodiche di ricerca

Per la ricerca bibliografica sono stati usati, oltre ai comuni motori di ricerca, i principali data base cartacei e on-line delle seguenti istituzioni: Università Federico II di Napoli (<http://www.unina.it/>), sede di Napoli e Portici; Consiglio Nazionale delle Ricerche (<http://www.cnr.it/>), sede di Portici; Consiglio Nazionale per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (<http://www.entecra.it/>), sede di Scafati; Stazione Zoologica Internazionale A. Dohrn (<http://www.szn.it/>), sede di Napoli.

L'allelopatia indotta dalle specie di *Artemisia* verrà suddivisa per effetti su sementi ed effetti su piante adulte. Si riportano anche evidenze bibliografiche su possibili effetti positivi *Artemisia*-indotti. Ovviamente tale rassegna non si prefige di essere esaustiva e conclusiva dell'argomento ma vuole tracciare le linee principali sia per le specie che subiscono allelopatia *Artemisia*-indotta, sia gli eventuali allelochimici coinvolti e relativi meccanismi d'azione, che le specie di *Artemisia* usate nei biosaggi. In tabella 1 si riportano sinotticamente i dati ottenuti dalla letteratura raccolta. I risultati sono suddivisi per effetto allelopatico, per specie di artemisia ed ordinati cronologicamente per i riferimenti citati.

#### Allelopatia ed effetti eutrofizzanti

Col termine allelopatia, insieme di fenomeni noti da circa 2500 anni, si indicano i meccanismi chimici del metabolismo secondario, di interferenza tra specie vegetali, che causano un decremento sensibile della vitalità della pianta e/o della germinazione dei semi. Il termine deriva dal greco *Allelo* (uno verso l'altro) e *pathos* (sofferenza) e fu introdotto da Molish nel 1937. Sovente l'allelopatia determina decremento della biomassa nella specie che subisce l'effetto. Può riguardare relazioni seme-seme, pianta-seme oppure pianta-pianta e può essere mediata dalle radici, dalle foglie oppure da sostanze volatili emesse da organi epigei o ipogei. Da più parti viene oggi riconosciuto in autorevoli review, un potenziale enorme degli effetti allelopatici sul biocontrollo delle erbe infestanti e/o di microrganismi fitopatogeni negli agro-ecosistemi ed in generale nell'eco-management dei suoli coltivati; pertanto le specie allelopatiche si propongono come erbicidi botanici suscettibili di utilizzo economico su vasta scala in programmi di agricoltura bio-dinamica (Muller, 1966; Kruse et al., 2000; Bloom & Visser, 2001; Inderjit, 2001).

Nella categoria effetti eutrofizzanti rientrano il miglioramento della vitalità e l'incremento della biomassa vegetale conseguita allorché una specie viene trattata con estratti di *Artemisia*, oppure quando vive in prossimità di essa.

#### Effetti sulla germinazione

*Artemisia absinthium*. - Chirca & Fabian (1973) hanno saggiato essudati volatili emessi da foglie poste nelle immediate circostanze, sulla germinazione di diverse piante; *Triticum* ne è risultata completamente inibita, mentre la crescita delle plantule è stata inibita in *Lepidium*, *Linum*, *Triticum*. Gli estratti acquosi e radicali si sono mostrati ben più tossici, bloccando germinazione e crescita delle plantule e delle radici in tutte le specie saggiate, anche *Sinapa*. Bezzi & Caden (1991) riportano che gli essudati dei peli radicali sono tossici verso le circostanti piante e semi di *Foeniculum*. Cruz et al. (1992) dimostrano che gli estratti acquosi sono efficaci nel controllo di *Bidens* sia sulle sementi (antigerminativo) che sulla crescita (allungamento plantule).

*A. annua*. - Per diversi derivati Sherif et al. (1987) citano capacità anti-germinativa su diverse sementi. Chen et al. (1991: citato da Kebede, 1994) hanno provato che la capacità antigerminativa dell'**artemisinina** sui semi di *Phaseolus* è comparabile a quella del glifosato, avallando così la precedente conclusione di un effettivo impiego dei fito-estratti di *Artemisia* quali reali erbicidi (Chen & Leather, 1990). Lyndon et al. (1997) hanno saggiato gli effetti allelopatici sia con fito-estratti liquidi (solventi: Cl-metilene; etanolo; acqua), sia con foglie secche ammendate al suolo (0.037%, 0.73%, 1.10% vol./vol.), sia con **artemisinina** (0.73% vol./vol.) aggiunta al suolo. Gli effetti allelopatici furono leggermente diversi a seconda della specie target (*Amaranthus* 82%, *Chenopodium* 49%, *Glicine* 25%), furono dose-dipendente, ma molto simili per sementi e biomassa foliare delle piante adulte; le prove hanno messo in evidenza il ruolo importante dell'artemisinina, ma non esclusivo, nel determinare gli effetti fitotossici su semi e tessuti delle piante adulte. Dayan et al. (1999) hanno valutato gli effetti fitotossici sulle sementi di 11 oxy-sesquiterpeni derivati dall'artemisinina su *Lactuca* e *Lolium* (4 ripetizioni: 0.001, 0.01, 0.1 mg/ml). Quasi tutti gli 11 derivati dell'artemisinina indagati hanno esibito evidenti effetti anti-germinativi sulle sementi delle due specie indagate. Ferreira & Janick (2004) affermano che l'**artemisinina** inibisce il 50% delle sementi di *Lactuca* mentre l'**acido artesunico** inibisce le sementi di *Daucus*, *Digitaria*, *Echinocloa*, *Setaria*.

*Artemisia campestris*. - Yun & Maum (1997) hanno saggiato i fito-estratti acquosi sulla germinazione delle sementi di *Agropyron*, *Elymus*, *Panicum*, ottenendo risposta allelopatica solo a concentrazioni del 100% e non del 10-50%; inoltre fitotossicità per le sementi è stata ottenuta anche con ammendamento di foglie secche al suolo, e con suolo della rizosfera ammendato al suolo di crescita delle specie testate. Deboli risultati sono stati ottenuti anche sulla biomassa prodotta. E' stato accertato che la concentrazione massima dell'estratto acquoso incideva negativamente e pesantemente sulla popolazione micorrizale delle tre specie testate.

*Artemisia capillaris*. - Yano & Ishizu (1994) hanno saggiato l'alchino **capillene** (1-fenil-2-4-esadine) estratto dalla radice, sulla germinazione di diverse specie ottenendo inibizione (dose: 1.23 mg/cm<sup>2</sup> = 8x10<sup>-6</sup> Mol.) del 100% sulle sementi di *Brassica*, *Daucus*, *Setaria*, *Viola*, e parziale inibizione sulle sementi di *Chrysanthemum*.

*Artemisia herba-alba*. - Escudero et al. (2000) hanno documentato esclusione competitiva in ambienti naturali ai danni di *Helianthemum*, i cui semi non riescono a germinare se trattati con estratto acquoso di parti epigee ed ugualmente con suoli di crescita di piante mature.

*Artemisia princeps*. - Estratti acquosi derivati da radici, fusti e foglie esibiscono proprietà inibitrici su germinazione e allungamento delle plantule in *Achyranthes*, *Chrysanthemum*, *Hexastichon*, *Lactuca*, *Oenothera*, *Plantago*, *Zoysia*; solo elevate concentrazioni dell'estratto acquoso (circa 100%) sono risultate allelopatiche per *Echinochloa* (Kil & Yun, 1992) (su *A. princeps* vedi anche Yun et al., 1994).

*Artemisia tridentata*. - Klarich & Weaver (1973), Weaver & Klarich (1977) hanno saggiato la risposta fisiologica delle piante circostanti agli essudati, registrando non solo inibizione su germinazione (*Agropyron*, *Buchloe*, *Calamovilfa*, *Cucumis*, *Hordeum*,

*Medicago*, *Oryzopsis*, *Poa*, *Sporobolus*, *Zea*) ma decremento sensibile del tasso respiratorio delle plantule immature (crescita inibita in *Cucumis*, *Hordeum*, *Triticum*) e incremento del tasso respiratorio in piante mature (produzione biomassa inibita); parte degli effetti sono anche spiegabili mediante effetti negativi sulla micro-flora del suolo (Weaver & Klarich, 1976). Groves & Anderson (1981) dimostrano effetti anti-germinativi sulle sementi di *Agropyron* e *Elymus* mediato dagli estratti acquosi. Preston et al. (2001, 2002) dimostrano evidenti effetti antigerminativi su *Nicotiana* da parte delle vicine piante di *A. tridentata* e del suolo ammendato; l'allelochemo-mediatore fu individuato nel CH<sub>3</sub>-jasmoato e dosato in 1.2 nano-gr/20 semi al fine di ottenere l'effetto allelopatico.

*Artemisia taurica*. - Konovalov et al. (2002) hanno dimostrato effetti antigerminativi della miscela di sesquiterpeni **tauremisina**, **artemina**, **taurina**, ai danni delle sementi di *Amaranthus* e *Ambrosia*.

*Artemisia vulgaris*. - Piante di *Medicago* subiscono forti effetti antigerminativi sulle sementi trattate con i fillo-estratti (Barney & DiTommaso, 2003).

#### Effetti su piante adulte

*Artemisia* sp. - Li et al. (1999) hanno dimostrato fito-tossicità indotta da prati di *Artemisia* sp. ai danni di *Eucommia* valutata nell'ordine del 25-70%; la variabilità dell'effetto allelopatico era in diretta dipendenza dalla estensione del prato, dalla sua biomassa, e dalla dimensione di *Eucommia*. Reid (1964, 1965) riporta effetti allelopatici dovuti a *A. cana*, *A. nova*, *A. tripartita*.

*Artemisia absinthium*. - Bode (1939) riporta che gli essudati foliari volatili delle foglie esercitavano inibizione sulle circostanti piante di *Foeniculum*, e successivamente ne identifica l'allelochemo-mediatore nell'**absintina**. Funke (1943) segnalava che gli essudati dei peli radicali risultavano tossici verso le circostanti piante e semi.

*Artemisia afra*. - Hansen et al. (1998) hanno condotto uno dei biosaggi più interessanti. Nella prima serie di saggi sono state usate radici, fusti e foglie per ottenere estratto acquoso da usare a diluizioni crescenti (1.0:5.0, 1.0:2.5, 1.0:1.0 vol./vol.). Tali estratti addizionati al terreno hanno causato inibizione di germinazione e decremento della biomassa della pianta in tutte le specie testate (*Lolium*, *Phaseolus*, *Zea*) e concentrazione-dipendente, individuando nelle foglie l'estratto più tossico a parità di concentrazione. Nella seconda serie di saggi invece è stato usato il suolo di crescita, ammendandolo al suolo di crescita delle tre specie testate; anche in tal caso sono emersi fenomeni di fito-tossicità, dose-dipendenti, ma inferiori agli estratti acquosi.

*Artemisia annua*. - Fitotossicità radicale è stata accertata a carico di *Lactuca*, *Pisum*, *Zea*, mediata dall'**artemisinina** (DiTommaso & Duke, 1991). Inoltre è stata valutata finanche del 50% la capacità di ridurre la massa radicale in diverse specie erbacee (Bagchi et al., 1997; Bhakuni et al., 2001). In particolare Bagchi et al. (1997) hanno dimostrato che l'**artetere** è molto tossico per le radici di *Amaranthus*, *Hordeum*, *Lactuca*, *Purtulaca*, *Raphanus*, *Secale*, superando anche l'**artemisinina**, suo precursore chimico; gli effetti maggiori sono a carico dell'apparato radicale. Duke et al. (1987) su *Lactuca* hanno registrato fitotossicità a carico dei cotiledoni foliari in seguito all'impiego di **artemisinina**. Su *Lemna minor* sono stati saggiati gli effetti allelopatici su seme e pianta adulta da parte dell'**artemisinina** estratta da foglie di *A. annua*. I risultati furono che l'oxi-sesquiterpene diede effetti negativi sia sulle sementi (germinazione) che sulla crescita della radice della pianta adulta (Chen & Leather, 1990); effetti sensibilmente meno tossici furono causati invece dai sesquiterpeni senza ponte perossido quali **deossi-artemisinina**, **arteannuato**, **arteannuina-B**. Stiles et al. (1994) saggiarono gli effetti dell'**artemisinina** e dell'**acido arteannuico** sempre su *Lemna minor* ottenendo che trattamenti di 5 micro-l di artemisinina causavano una riduzione del 82-83% della lunghezza delle fronde e della biomassa rispetto al controllo, e del 44% della produzione di clorofilla; l'acido arteannuico invece diede

risultati inferiori sulle fronde (61% e superiori sulla clorofilla (66%). Sono inoltre stati rilevati anche pesanti effetti sulla efficienza fotosintetica, ridotta del 30% dall'artemisinina 1 micro-l e della respirazione, ridotta del 39%.

In un esteso studio condotto da Dayan et al. (1999) sono stati saggiati gli effetti fitotossici di 11 oxy-sesquiterpeni derivati dall'**artemisinina** su *Lactuca* e *Lolium* a 3 concentrazioni per prova (4 ripetizioni: 0.001, 0.01, 0.1 mg/ml). Sono state evidenziate riduzioni consistenti dell'apparato radicale con le diverse sostanze utilizzate, finanche del 100%, a seconda delle diverse concentrazioni usate. I valori maggiori di rizo-ipotrofia sono stati ottenuti dalla **deidro-artemisinina** e da **SMUND-270** e **JBUND-8**. Anche il contenuto di clorofilla foliare fu notevolmente intaccato, con una diminuzione del 60-100% di clorofilla/g foglie fresche, usando concentrazioni massime di **artemisinina**, **arte-etero** e **deidro-artemisinina**. Delabays e collaboratori in un esteso studio condotto in laboratorio, campo aperto e ambiente protetto (Delabays et al., 1998; Delabays & Mermillod, 2002), hanno stabilito che i suoli ammendati con foglie secche risultano molto più poveri di erbe infestanti annuali quali *Amaranthus*, oltre che avere effetti allelopatici su *Daucus* e *Zea*, riscontrando fitotossicità su sementi (inibizione) e su biomassa prodotta. Inoltre, tramite cultivar ricche di **artemisinina** (cv *artemis*: 1.4%) e cultivar standard di controllo, è stato possibile individuare proprio nell'artemisinina la molecola responsabile di gran parte della fitotossicità osservata. Ferreira & Janick (2004) affermano che arteannuina-B, arteannuato, artemisinina e acido artesunico inibiscono la crescita delle radici di *Phaseolus*.

*Artemisia californica*. - Allelopatia è stata dimostrata ai danni di due specie conviventi con essa in U.S.A., *Hypochoeris* e *Madia* (Halligan, 1975, 1976), causata dagli essudati radicali e dai composti volatili foliari, che nella stagione secca si accumulano nel suolo e in seguito alle prime piogge, perfondono nel terreno circostante, intossicando le circostanti piantine. L'autore cita diverse specie di *Artemisia* sospettate di analoghi effetti allelopatici. Ferreira & Janick (2004) affermano che le due molecole estratte degli olii essenziali, maggiormente fito-tossiche, sono risultate la canfora e 1,8-cineolo.

*Artemisia filifolia*. - Fenomeni allelopatici sono risultati da prati sulla biomassa (sementi, parti epigee) prodotta da *Stipa comata* (Davis & Bonham, 1979).

*Artemisia herba-alba*. - Friedman & Orshan (1975) e Friedman et al. (1977) concludono che la vegetazione del deserto del Nagev (Israele) è in pratica mantenuta da effetti allelopatici mediati da questa specie.

*Artemisia princeps*. - Kil & Yun (1992), Kil et al. (1992) e Yun et al. (1992) hanno dimostrato che concentrazioni del 5% dei fito-estratti acquosi sono in grado di interferire notevolmente con lo sviluppo del callo in vitro di *Eclipta*, *Lactuca* e della stessa *A. princeps*. Yun & Kil (1992) hanno usato il suolo di crescita come suolo per la crescita di diverse piante test (*Achyranthes*, *Lactuca*), ottenendo una netta diminuzione della biomassa prodotta anche calcolandola secondo differenti metodiche di rilievo (percentuale allungamento piantule; peso secco; contenuto calorico) evidenziando che il mix di molecole allelopatiche permaneva nel terreno. Effetti ipo-trofizzanti su radici e parti epigee di piante sono stati registrati in serra con estratti acquosi saggiati su diverse specie dotate di micorrizze, quali *Digitaria*, *Oenothera*, *Plantago* (Yun & Choi, 2002).

*Artemisia taurica*. - Konovalov et al. (2002) hanno dimostrato fito-tossicità della miscela di sesquiterpeni **tauremisina**, **artemina**, **taurina**, ai danni di *Amaranthus* e *Ambrosia*.

*Artemisia tridentata*. - Groves & Anderson (1981) dimostrano fito-tossicità radicale su *Agropyron* e *Elymus* causata dagli estratti acquosi. Callaway et al. (1996) descrivono allelopatia ai danni di *Pinus*. Per cenni sugli effetti fisiologici allelopatici si consulti McCahon et al. (1973).

*Artemisia vulgaris*. - Hale (1982) ha dimostrato che i rizo-estratti sono responsabili della riduzione del 43% della biomassa di *Medicago*, del 25% della germinazione delle

sementi ed evidenti effetti allelopatici sono visibili anche su *Lycopersicon*. Inderjit & Foy (1999) hanno evidenziato come il suolo ammendato con scarti sia in grado di interferire significativamente con la crescita di *Trifolium*, determinando rizo-ipotrofia (67-79%), ipotrofia di plantule e fusti (34-44%); gli autori concludono che probabilmente l'elevato tasso di fenoli riscontrato in suoli ammendati intereferisce col micro-ecosistema del suolo, benefico alla crescita di *Trifolium* (effetto anti-micorrizale?). Barney et al. (2005) hanno individuato le molecole della frazione volatile dei fillo-estratti, responsabili dell'attività allelopatica su *Digitaria*, *Lepidium*, *Setaria*, *Trifolium*: **alfa-pinene**, **beta-pinene**, **canfora**, **eucaliptolo**; concludono che l'effetto allelopatico è dovuto alla sinergia dei vari componenti molecolari del fitoestratto e non alle singole molecole e inoltre la composizione dell'olio essenziale varia in base alla provenienza geografica della pianta e alla sua età.

#### Effetti eutrofizzanti

Insospettabili proprietà eutrofiche sono emerse durante uno studio di Chirca & Fabian (1973) ove si riportano positivi effetti sulla crescita delle plantule di *Sinapis* quando poste nelle immediate vicinanze delle foglie di *A. absinthium*.

Proprietà eutrofiche sono state dimostrate su *Mentha* (Kiran & Patra, 2003) mediante prove di anti-nitrificazione dell'urea, ammendando con diverse sostanze i suoli adibiti alla coltivazione della menta. *A. annua* ammendata ai suoli a diverse concentrazioni ha mostrato una ottima capacità di inibizione della produzione di NO<sub>3</sub> nel suolo, incrementando sensibilmente non solo la bio-disponibilità di N nel suolo ma anche la resa della menta valutata in olio essenziale prodotto (+ 3-68%).

Anche in *Vigna* sono emersi effetti eutrofizzanti svolti dagli estratti acquosi di *A. parviflora* e *A. vulgaris*, che hanno causato un notevole incremento della percentuale di germinazione delle sementi e un significativo incremento della massa radicale, della crescita post-germinazione e dell'area foliare (Rai & Tripathi, 1986).

Callaway et al. (1996) hanno statisticamente dimostrato che l'assenza di *A. tridentata* causa diminuzione della presenza di *Pinus*.

#### Discussione e Conclusioni

In ben 15 specie di *Artemisia* (*absinthium*, *afra*, *annua*, *californica*, *campestris*, *cana*, *capillaris*, *filifolia*, *herba-alba*, *nova*, *princeps*, *taurica*, *tridentata*, *tripartita*, *vulgaris*) sono stati dimostrati effetti allelopatici su numerose specie botaniche, alcune anche di grande importanza agronomica, sia in quanto essenze coltivate che infestanti. Le specie maggiormente indagate da questo punto di vista e con più vaste proprietà allelopatiche sono *A. annua* in primis, e *A. absinthium*, *A. princeps*, *A. vulgaris*, tutte presenti in Campania eccetto *A. princeps* (Pignatti, 1982). Pertanto *A. annua*, anche per gli effetti allelopatici, è la specie maggiormente interessante tra le congeneri, allargando il fronte di utilizzo come alternativa culturale al tabacco, dagli effetti anti-malarici a quelli bio-erbicidi.

I principi attivi individuati appartengono alla categoria dei lattoni sesquiterpeni (absintina, arteannuina-B, arteannuato, artemina, artemisinina e 9 derivati semi-sintetici, artesunate, artetere, deidro-artemisinina, tauremisina, taurina) tranne il capillene che invece è un alchin-idrocarburo e alcuni componenti degli olii essenziali quali *alfa-pinene*, *beta-pinene*, canfora, 1,8-cineolo, CH<sub>3</sub>-jasmoato, eucaliptolo.

Gli effetti allelopatici sono mediati sia da estratti acquosi che alcolici e sia da parti epigee che ipogee. Addirittura gli ammendamenti al suolo di parti della pianta e/o del suolo stesso di crescita di *Artemisia*, si sono dimostrati allelopatici.

Lo screening tassonomico degli effetti allelopatici vede 52 generi citati in letteratura che subiscono (in campo o in laboratorio) gli effetti allelopatici di *Artemisia*, appartenenti alle seguenti famiglie botaniche: Amaranthaceae 3 generi; Apiaceae 2; Asteraceae 8; Brassicaceae 4; Graminaceae 3; Papilionaceae 5; Poaceae 16; Solanaceae 2; 1 genere per

Araceae, Cistaceae, Cucurbitaceae, Linaceae, Onagraceae, Pinaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Violaceae. La fito-tossicità *Artemisia*-indotta si esibisce quasi equamente sulle sementi e sulla biomassa di piante adulte; su ambedue in oltre 30 generi (vedi tabella 1).

In questo studio viene inoltre dimostrato che per particolari specie esiste un effetto positivo svolto da *Artemisia*, ma le evidenze sperimentali sono ancora molto esigue. Tali effetti comunque sono stati dimostrati per le coppie *Sinapis*-*A. absinthium*, *Vigna*-*A. parviflora/vulgaris* (Papilionaceae), *Pinus*-*A. tridentata*, *Mentha*-*A. annua* (Lamiaceae). Anche in tale relazione, *A. annua* risulta la specie più interessante, in virtù del risvolto economico tangibile evidenziatosi nella produzione incrementata di olio essenziale da menta.

*Artemisia annua* e specie congeneri, sono piante di estremo interesse non solo per le potenti attività anti-malariche, che da sole potrebbero giustificare cospicui investimenti, ma anche come fonte di numerose molecole bio-attive nel controllo biologico delle erbe infestanti (tab.1) (Mu et al., 2006), in accordo con i principi di agricoltura biodinamica. Sarebbe quindi auspicabile la progettazione di una filiera economicamente competitiva o quasi con quella del tabacco. E' necessario però considerare che gli effetti nefasti dell'allelotropia *Artemisia*-indotta sono stati dimostrati anche e soprattutto per suolo e scarti vegetali, e bisogna tenerne in conto in caso di destinazione di ampie superfici colturali per *Artemisia*, che potrebbero causare decrementi nella produttività da erronee o incaute rotazioni o affiancamenti colturali, come dimostrato per i generi *Brassica*, *Daucus*, *Glicine*, *Lactuca*, *Lycopersicon*, *Medicago*, *Trifolium*, *Phaseolus*, *Pisum*, *Triticum*, *Zea*.

#### Meccanismi di azione

Pare accertato che una buona parte della fito-tossicità sia veicolata dai lattoni sesquiterpeni. In particolare la loro reattività nei confronti dei gruppi -SH li renderebbe altamente tossici e/o reattivi contro numerose sostanze endo-cellulari di grande importanza, come proteine nucleari regolative, DNA polimerasi, microtubuli, ecc. In particolare la rizo-tossicità è fortemente correlata con disordini mitotici quali danni ai microtubuli, mitosi aberranti, soppressione della mitosi, incremento notevole del tasso di consumo d'ossigeno; nel caso delle foglie e/o cotiledoni invece l'azione distruttrice sulla clorofilla è certamente determinante per l'azione erbicida. Nel primo caso pare quindi che il forte potere ossidante destabilizzi e/o distrugga importanti molecole proteiche endo-cellulari, mentre nel secondo caso forse è coinvolto il gruppo prostetico della clorofilla (Hall et al., 1980; Duke et al., 1987; Mares, 1987; Dayan et al., 1999). Da non sottovalutare sono inoltre i potenti effetti antimicrobici dei fitoestratti di *Artemisia* (Vicidomini, 2007); è necessario infatti indagare molto più approfonditamente su tali effetti che poi si ripercuotono negativamente sulla crescita delle piante e la germinazione dei semi (vedi: Weaver & Klarich, 1976; Inderjit & Foy, 1999; Yun & Choi, 2002). Chen & Leather (1990) e Stiles et al. (1994) studiando gli effetti allelopatici di *A. annua* su *L. minor* hanno concluso che una buona parte dei meccanismi tossici viene svolta dai ponti perossidi degli oxi-sesquiterpeni (artemisinina), con target cellulare la cito-membrana; inoltre sono stati comunque evidenziati effetti tossici, seppur minori, svolti dai sesquiterpeni privi di ponte perossido, evidenziando quindi nella struttura di tali lattoni comunque una componente base di fito-tossicità. A livello mitocondriale è plausibile che l'attività tossica sia riconducibile alla disregolazione della catena di trasporto degli elettroni, oltre a danni alla organizzazione dello stroma interno, fenomeni correlati al fortissimo stress ossidativo che la cellula subisce allorquando in presenza di artemisinina e simili, analogamente a quanto accade per *Plasmodium*; nel caso del mitocondrio quindi è semplice ipotizzare che sia proprio il citocromo uno dei principali bersagli chimici attaccati dall'oxi-sesquiterpene, confermando così nel ponte perossido il principale centro reattivo per l'esibizione degli effetti tossici (Schmuch, et al., 2002; Haynes,

2006). Tali molecole sono oggetto di molta attenzione da parte della letteratura specialistica, sia nella creazione di varianti sintetiche dell'artemisinina che nella esplorazione di una vasta gamma di organismi vegetali e non alla ricerca di forme alternative all'artemisinina. La ricerca infatti ha oramai prodotto e isolato numerose varianti di artemisinina, come la 11-aza-artemisinina, fluoro-artemisinina, litio-tiazolo-artemisinina, artemisitene e simili derivati dell'idrossi-artemisinina (Haynes, 2006). Stabili cicloperossidi sono stati recentemente isolati anche al di fuori del regno vegetale (spugne, Parazoa: Fattorusso et al., 2002).

## Ringraziamenti

Per l'insostituibile aiuto nella raccolta della bibliografia si ringraziano S. Aceto (Ist. Genetica, Federico II, Napoli), M. Gebiola, U. Bernardo, G. Parrella (IPP-CNR Portici), G. Russo (Ist. Silvestri, Federico II, Portici), S. Perucci e M. Macchioni (Pisa), S. Predieri, R. Baraldi, G. Marconi (IBiMet-CNR Bologna), C. Vender (C.R.A. Villazzano), Prof. N.C. Sukul (India) e Prof. J. Keiser (Svizzera). Inoltre si ringrazia il Dr. Moraldo per la consulenza sul genere *Artemisia* in Campania. Un ringraziamento particolare va al Dr. M. Forrest (J. of Chemotherapy) per la consulenza bibliografica fornita e al Dr. F. Raimo (I.S.T., sede di Scafati) per il supporto logistico. Questo lavoro è parte del progetto Co.Al.Ta. (Reg.CEE2182/02) fase II.

Tabella 1. - Quadro sinottico dei dati sull'allelopatia indotta dalle specie di *Artemisia*.

EA, estratto acquoso; EE, estratto etanolo; EM estratto Cl-metilene; ExV essudati volatili; r, radici; f, foglie-fusti.

A, suolo ammendato con residui di *Artemisia*; S, suolo ammendato con suolo di coltura di *Artemisia*.

SE, inibizione germinazione sementi; BM, decremento biomassa.

Nota.1: *alfa-pinene, beta-pinene, canfora, eucaliptolo*

Specie	<i>Artemisia</i>	Fitoestratto	Allelochimico	Effetto allelopatico
<i>Achyranthes</i> (Amaranthaceae)	<i>princeps</i>	EAR; EAf	-	SE; BM
<i>Agropyron</i> (Graminaceae)	<i>campestris</i>	EA; A; S	-	SE; BM
	<i>tridentata</i>	EA; ExV	-	SE; BM
<i>Amaranthus</i> (Amaranthaceae)	<i>annua</i>	EAF; EEf; EMf; A	artemisinina artetere	SE; BM
	<i>taurica</i>			
<i>Ambrosia</i> (Asteraceae)	<i>taurica</i>		artemina tauremisina taurina	SE; BM
<i>Artemisia</i> (Asteraceae)	<i>princeps</i>	EA	-	BM
<i>Bidens</i> (Asteraceae)	<i>absinthium</i>	EA	-	SE; BM
<i>Brassica</i> (Brassicaceae)	<i>capillaris</i>	-	capillene	SE
<i>Buchloe</i> (Poaceae)	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE
<i>Calamovilfa</i> (Poaceae)	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE
<i>Chenopodium</i> (Amaranthaceae)	<i>annua</i>	EAF; EEf; ECIMf	artemisinina	SE; BM
<i>Chrysanthemum</i> (Asteraceae)	<i>capillaris</i>	-	capillene	SE
	<i>princeps</i>	EAR; EAF	-	SE; BM
<i>Cucumis</i> (Cucurbitaceae)	<i>tridentata</i>	ExV	-	BM; SE
<i>Daucus</i> (Apiaceae)	<i>annua</i>	- A	artesonate artemisinina	SE SE; BM
	<i>capillaris</i>	-	capillene	SE
<i>Digitaria</i> (Poaceae)	<i>annua</i>	-	artesonate	SE
	<i>princeps</i>	-	artemisinina	BM
	<i>vulgaris</i>	-	nota.1	BM
<i>Echinochloa</i> (Poaceae)	<i>annua</i>	-	artesonate	SE
	<i>princeps</i>	EAR; EAF	-	SE; BM
<i>Eclipta</i> (Asteraceae)	<i>princeps</i>	EA	-	BM
<i>Elymus</i> (Poaceae)	<i>campestris</i>	EA; A; S	-	SE; BM
	<i>tridentata</i>	EA	-	SE; BM

<i>Foeniculum</i> (Apiaceae)	<i>absinthium</i>	EAr; ExVf	absintina	SE; BM
<i>Glicine</i> (Papilionaceae)	<i>annua</i>	EAF; EEF; ECIMf	artemisinina	SE; BM
<i>Helianthemum</i> (Cistaceae)	<i>herba-alba</i>	EAF; S	-	SE
<i>Hexastichon</i> (Poaceae)	<i>princeps</i>	EAr; EAF	-	SE; BM
<i>Hordeum</i> (Poaceae)	<i>annua</i>	-	artetere	BM
	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE; BM
<i>Hypochoeris</i> (Asteraceae)	<i>californica</i>	EAF; EAr	-	BM
<i>Lactuca</i> (Asteraceae)	<i>annua</i>	-	artemisinina artetere	SE; BM
	<i>annua</i>	-	artemisinina & derivati	BM
	<i>princeps</i>	EAr; EAF	-	SE; BM
<i>Lemna</i> (Araceae)	<i>annua</i>	-	artemisinina arteannuato arteannuina-B deossi-artemisinina	BM
<i>Lepidium</i> (Brassicaceae)	<i>absinthium</i>	EAF; EAr	-	BM
	<i>vulgaris</i>	-	nota.1	BM
<i>Linum</i> (Linaceae)	<i>absinthium</i>	EAF; EAr	-	BM
<i>Lolium</i> (Poaceae)	<i>afra</i>	EAr; EAF; S	-	SE; BM
	<i>annua</i>	-	artemisinina & derivati	SE; BM
<i>Lycopersicon</i> (Solanaceae)	<i>vulgaris</i>	EAr	-	SE; BM
<i>Madia</i> (Asteraceae)	<i>californica</i>	EAF; EAr	-	BM
<i>Medicago</i> (Papilionaceae)	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE
	<i>vulgaris</i>	EAF; EAr	-	SE; BM
<i>Nicotiana</i> (Solanaceae)	<i>princeps</i>	ExV; S	CH <sub>3</sub> -jasmoato	SE
<i>Oenothera</i> (Onagraceae)	<i>princeps</i>	EAr; EAF	-	SE; BM
<i>Oryzopsis</i> (Poaceae)	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE
<i>Panicum</i> (Poaceae)	<i>campestris</i>	EA; A; S	-	SE; BM
<i>Phaseolus</i> (Papilionaceae)	<i>afra</i>	EAr; EAF; S	-	SE; BM
	<i>annua</i>	-	artemisinina arteannuina-B arteannuato artesanate	SE; BM
<i>Pinus</i> (Pinaceae)	<i>tridentata</i>	-	-	BM
<i>Pisum</i> (Papilionaceae)	<i>annua</i>	-	artemisinina	BM
<i>Plantago</i> (Plantaginaceae)	<i>princeps</i>	EAr; EAF	-	SE; BM
<i>Poa</i> (Poaceae)	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE
<i>Purtulaca</i> (Portulacaceae)	<i>annua</i>	-	artetere	BM
<i>Raphanus</i> (Brassicaceae)	<i>annua</i>	-	artetere	BM
<i>Secale</i> (Poaceae)	<i>annua</i>	-	artetere	BM
<i>Setaria</i> (Poaceae)	<i>annua</i>	-	artesanate	SE
	<i>capillaris</i>	-	capillene	SE
	<i>vulgaris</i>	-	nota.1	BM
<i>Sinapis</i> (Brassicaceae)	<i>absinthium</i>	EAF; EAr	-	
<i>Sporobolus</i> (Poaceae)	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE
<i>Stipa</i> (Poaceae)	<i>filifolia</i>	-	-	SE; BM
<i>Trifolium</i> (Papilionaceae)	<i>vulgaris</i>	A; S	nota.1	BM
<i>Triticum</i> (Poaceae)	<i>absinthium</i>	EAF; EAr	-	SE; BM
	<i>tridentata</i>	ExV	-	BM
<i>Viola</i> (Violaceae)	<i>capillaris</i>	-	capillene	SE
<i>Zea</i> (Graminaceae)	<i>afra</i>	EAr; EAF; S	-	SE; BM
	<i>annua</i>	A	artemisinina	SE; BM
	<i>tridentata</i>	ExV	-	SE
<i>Zoysia</i> (Graminaceae)	<i>princeps</i>	EAr; EAF	-	SE; BM

## Bibliografia

- Arab H.A., Rahbari S., Rassouli A., Moslemi M.H., Khosravirad F., 2006 - Determination of artemisinin in *Artemisia sieberi* and anticoccidial effects of the plant extract in broiler chickens. - Trop. Anim. Health Prod., 38(6): 497-503.
- Bagchi G.D., Jain D.C., Kumar S., 1997 - Arteether: a potent plant growth inhibitor from *Artemisia annua*. - Phytochem., 45(6): 1131-1133.
- Barney J.N., DiTommaso A., 2003 - The biology of Canadian weeds. 118. *Artemisia vulgaris* L. - Canadian J. Plant Sci., 83: 205-215.
- Barney J.N., Hay A.G., Weston L.A., 2005 - Isolation and characterization of allelopathic volatiles from mugwort (*Artemisia vulgaris*). - J. Chem. Ecol., 31(2): 247-265.
- Bezzi A., Caden S., 1991 - Piante insetticide e pesticide. Prodotti naturali di origine vegetale attivi contro i parassiti delle piante. - Erboristeria Domani, ottobre(dossier speciale): 65-79.
- Bhakuni R.S., Jain D.C., Sharma R.P., Kumar S., 2001 - Secondary metabolites of *Artemisia annua* and their biological activity. - Curr. Sci, 80(1): 35-48.
- Bloom C.W.P.M., Visser E.J.W., 2001 - Root ecology. Springer-Verlag.
- Bode H.R., 1939 - Über die Blattausscheidungen des Wermuts und ihre Wirkung auf andere Pflanzen. - Planta, 30: 567-589.
- Bode H.R., 1964 - Allelopathy of wormwood (*Artemisia absinthium*) gas secretions on adjacent plants. - Naturwissensch., 51: 117.
- Callaway R.M., Delucia E.H., Moore D., 1996 - Competition and facilitation: contrasting effects of *Artemisia tridentata* on desert vs. montane pines. - Ecology, 77: 30-41.
- Chen P.K., Leather G.R., 1990 - Plant growth regulatory activities of artemisinin and its related compounds. - J. Chem. Ecol., 16(6): 1867-1876.
- Chirca E., Fabian A., 1973 - Some allelopathic effects caused by *Artemisia absinthium* L. - Contr. Bot. Gradina Bot. Univ. Babes Bolyai Cluj, 267-276.
- Cruz M.E.S., Schwan-Estrada K.R.F., Nozaki M.H., Batista M.A., Stangarlin J.R., 2002 - Allelopathic effect of *Cymbopogon citratus* and *Artemisia absinthium* on seeds of *Bidens pilosa*. - Acta Horticult., 569: 229-233.
- Davis J.H.I., Bonham C.D., 1979 - Interference of sand sagebrush *Artemisia filifolia* canopy with needle and thread *Stipa comata*. - J. Range Manag., 32(5): 384-386.
- Dayan F.E., Hernandez A., Allen S.N., Moraes R.M., Vroman J.A., Avery M.A., Duke S.O., 1999 - Comparative phytotoxicity of artemisinin and several sesquiterpene analogues. - Phytochem., 50: 607-614.
- Delabays N., Ancay A., Mermillod G., 1998 - Recherche d'espèces végétales à propriétés allelopathiques. - Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic., 30(6): 383-387.
- Delabays N., Mermillod G., 2002 - Phénomènes d'allelopathie: premières observations au champ. - Rev. Suisse Agric., 34(5): 231-237.
- Di Tommaso J.M., Duke S.O., 1991 - Is polyamine biosynthesis a possible site of action of cimethylin and artemisinin? - Pesticide Biochem. Physiol., 39(2): 158-167.
- Duke S.O., Vaughn K.C., Croon E.M.J., Elsohly H.N., 1987 - Artemisinin, a constituent of annual wormwood, is selective phytotoxin. - Weed Sci., 35: 499-505.
- Escudero A., Albert M.J., Pita J.M., Perez-Garcia F., 2000 - Inhibition effects of *Artemisia herba-alba* on the germination of the gypsophyte *Helianthemum squamatum*. - Plant Ecology, 148(1): 71-80.
- European Pharmacopoeia, 2001 - Supplementum. III Edition. - Council of Europe, Strasbourg. 1611 pp.
- European Pharmacopoeia, 2001 - Supplementum. III Edition. - Council of Europe, Strasbourg. 1611 pp.

Fattorusso E., Parapini S., Campagnuolo C., Basilico N., Tagliatela O.S., Taramelli D., 2002 - Activity against *Plasmodium falciparum* of cycloperoxide compound obtained from the sponge *Plakortis simplex*. - J. Antimicrob. Chemother., 50: 883-888.

Ferreira J.F.S., Janick J., 2004 - Allelopathic plants. XVI. *Artemisia* spp. - Allelopathy J., 14(2).

Friedman J., Orshan G., 1975 - The distribution, emergence and survival of seedling of *Artemisia herba-alba* Asso in the Negev desert of Israel in relation to distance from the adult plants. - J. Ecol., 63: 627-632.

Friedman J., Orshan G., Ziger C.Y., 1977 - Suppression of annuals by *Artemisia herba-alba* in the Negev desert of Israel. - J. Ecol., 65: 413-426.

Funke G.L., 1943 - The influence of *Arthemisia absinthium* on neighbouring plants. - Blumea, 5(2): 281-422.

Groves C.R., Anderson J.E., 1981 - Allelopathic effects of *Artemisia tridentata* leaves on germination and growth of two grass species. - Amer. Middl. Natur., 106(1): 73-79.

Hale M., 1982 - Allelopathic potential of *Artemisia vulgaris* rhizomes. - Plant Physiol., 69(supp.-4): 23.

Hall I.H., Lee K.H., Starnes C.O., Muraoka O., Sumida Y., Waddell T.G., 1980 - Antitumoral agents. 21. A proposed mechanism for inhibition of cancer growth by tenulin and helenalin and related cyclopentenones. - J. Pharma. Sci., 69: 694.

Halligan J.P., 1975 - Toxic terpenes from *Artemisia californica*. - Ecology, 56: 999-1003.

Halligan J.P., 1976 - Toxicity of *Artemisia californica* to four associated herb species. - Amer. Middl. Natur., 95(2): 406-421.

Hansen Q., Nyamapfene K., Matarechera S.A., 1998 - Effects of aqueous extracts from *Artemisia afra* parts and soil on seed germination and early seedling development in selected plant species. - J. Plant Soil., 15(1): 1-5.

Haynes R.K., 2006 - From artemisinin to new artemisinin antimalarials: biosynthesis, extraction, old and new derivatives, stereochemistry and medicinal chemistry requirements. - Curr. Top. Med. Chem., 6: 509-537.

Inderjit S., 2001 - Soil: environmental effects on allelochemical activity. - Agron. J., 93: 79-84.

Inderjit S., Foy C.L., 1999 - Nature of interference mechanism of mugwort (*Artemisia vulgaris*). - Weed Technol., 13(1): 176-182.

Kebede Z., 1994 - Allelopathic chemicals: their potential uses for weed control in agroecosystems. - [http://www.colostate.edu/Dept/Entomology/course/en570/papers\\_1994/kebede.html](http://www.colostate.edu/Dept/Entomology/course/en570/papers_1994/kebede.html). (consultato on-line in data 22/II/2007).

Keiser J., Utzinger J., 2004 - Chemotherapy for a major food-borne trematodes: a review. - Expert Opin. Pharmacother., 5(8): 1711-1726.

Kil B.S., Yun K.W., 1992 - Allelopathic effects of water extracts of *Artemisia princeps* var. *orientalis* on selected plant species. - J. Chem. Ecol., 18(1): 39-51.

Kil B.S., Yun K.W., Lee S.Y., 1992 - Influence of *Artemisia princeps* var. *orientalis* components on callus induction and growth. - J. Chem. Ecol., 18(8): 1455-1462.

Kiran U., Patra D.D., 2003 - Medicinal and aromatic plant materials as nitrification inhibitors for augmenting yield and nitrogen uptake of Japanese mint (*Mentha arvensis* L. Var. *Piperascens*). - Biores. Technol., 86(3): 267-276.

Klarich D., Weaver T., 1973 - Effects of vapors from *Artemisia tridentata* Nutt. on seed germination. - Proc. Montana Acad. Sci., 33: 31-36.

Konovalov D.A., Starykh V.V., Shkhanukov Y.Z., 2002 - Phytotoxic and antifungal activities of lactone sum of *Artemisia taurica* Willd. - Rastitel Resursy, 38(3): 77-81.

Kruse M., Strandberg M., Strandberg B., 2000 - Ecological effects of allelopathic plants - a review. - Nat. Environ. Res. Inst., 315: 1-67.

Lai H., Sasaki T., Sing N.P., 2005 - Targeted treatment of cancer with artemisinin and artemisinin-tagged iron-carrying compounds. - Expert Opin. Therap. Targ., 9(5): 995-1007.

Li G.Q., Tang D.R., He J.F., Wang D.H., 1999 - An improved model of neighbourhood interference and its application in a forest-herb ecosystem. - J. Nanj. For. Univ., 23(3): 16-20.

Lydon J., Teasdale J.R., Chen P.K., 1997 - Allelopathic activity of annual wormwood (*Artemisia annua*) and the role of artemisinin. - Weed Sci., 45(6): 807-811.

Mares D., 1987 - Antimicrobial activity of protoanemonin, a lactone from ranunculaceous plant. - Mycopathol., 98(3): 133-140.

McChaon C.B., Kelsey R.G., Sheridan P.P., Shafizadeh F., 1973 - Physiological effects of compounds extracted from sagebrush. - Bull. Torrey Bot. Club., 100: 23-28.

Melkania N.P., Singh J.S., Bisht K.K.S., 1982 - Allelopathic potential of *Artemisia vulgaris* L. and *Pinus roxburghii* Sargent: a bioassay study. - Proc. Indian Nat. Sci. Acad. B, 48: 685-688.

Mu X.Q., Ma Y., Wang S., Tuo T.Q., 2006 - Preliminary study of allelopathy mechanism of *Artemisia annua*. - Allelopathy J., 18(2):

Muller C.H., 1966 - The role of chemical inhibition (allelopathy) in vegetational composition. - Bull. Torrey Bot. Club, 93: 332-351.

Muller C.H., Muller W.H., Haines B.L., 1964 - Volatile growth inhibitors produced by aromatic shrubs. - Science, 143: 471-473.

Patwardhan B., Warude D., Pushpangadan P., Bhatt N., 2005 - Ayurveda and Traditional Chinese Medicine: a comparative overview. - eCAM, 2(4): 465-473.

Pignatti S., 1982 - Flora d'Italia. Vol. 1, 2, 3. - Edagricole Editore, Bologna.

Preston C.A., Betts H., Baldwin I.T., 2002 - Methyl jasmonate as an allelopathic agent: sagebrush inhibits germination of neighboring tobacco, *Nicotiana attenuata*. - J. Chem. Ecol., 28: 2343-2369.

Preston C.A., Laue G., Baldwin I.T., 2001 - MeJA is blowing in the wind, but can it act as a plant-plant airborne signal? - Biochem. Syst. Ecol., 29: 1007-1023.

Rai J.P.N., Tripathi R.S., 1986 - Kairopathic effect of two exotic weeds *Artemisia parviflora* Wight and *Artemisia vulgaris* L. on the germination of black gram. - Indian J. Ecol., 13(1): 95-98.

Reid A., 1964 - Growth inhibitors in shrub species in Wyoming. - Bull. Ecol. Soc. Amer., 45: 94.

Reid A., 1965 - Growth inhibitors in selected shrub species in Wyoming. - Bull. Ecol. Soc. Amer., 46: 108.

Saitbaeva I.M., Sidiyakin G.P., 1971 - Artemisinin from *Artemisia cina*. - Chem. Nat. Comp., 7(1): 113.

Schmuck G., Roehrdanz E., Haynes K.R., Kahl R., 2002 - Neurotoxic mode of action of artemisinin. - Antimicrob. Ag. Chemother., 46(3): 821-827.

Sherif A., Hall R.G., ElAmamy M., 1987 - Insecticides and other agents from *Artemisia*. - Med. Hypoth., 23(2): 187-193.

Stiles L.H., Leather G.R., Chen P.K., 1994 - Effects of two sesquiterpene lactones isolated from *A. annua* on physiology of *Lemna minor*. - J. Chem. Ecol., 20(4): 969-978.

Uttinger J., Keiser J., 2004 - Schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis: common drugs for treatment and control. - Expert Opin. Pharmacother., 5(2): 263-285.

Vicidomini S., 2006 - Proprietà alternative dei fitoestratti di *Artemisia* (Asteraceae): evidenze bibliografiche su effetti molluschiocidi (Gastropoda). Contributo sulla agro-ecologia

delle colture oggetto del progetto Co.Al.Ta. - Natur. Campano (Pubbl. Aperiod. Mus. Nat. Alburni, C. Monforte), n.40.

Vicidomini S., 2007 - Proprietà alternative dei fitoestratti di *Artemisia* (Asteraceae): check-list di Virus, Procarioti, Micoti, trattabili con fitoestratti di *Artemisia*. Contributo sulla agro-ecologia delle colture oggetto del progetto Co.Al.Ta. - Natur. Campano (Pubbl. Aperiod. Mus. Nat. Alburni, C. Monforte), n.10.

Vicidomini S., Raimo F., 2007 - Dati preliminari bibliografici sugli effetti entomo- e zoo- tossici dei fitoestratti di *Artemisia* (Asteraceae). - XXI Congr. Naz. Ital. Entomol., Campobasso, 11-16 Giugno 2007.

Vicidomini S., Raimo F., Vatore R., 2006 - Proprietà alternative dei fito-estratti di *Artemisia* (Asteraceae): effetti cito-tossici, anti-elmintici e anti-Diptera. Contributo sulla agro-ecologia delle colture oggetto del progetto Co.Al.Ta. - CO.AL.TA. 1. Analisi e Valutazioni di Ordinamenti Colturali Alternativi nelle Aree di Riconversione del Tabacco. Risultati Finali.

Viegi L., Pieroni A., Guarrera P.M., Vangelisti R., 2003 - A review of plant used in folk veterinary medicine in Italy as basis for a databank. - J. Ethnopharmacol., 89: 221-244.

Weaver T.W., Klarich D., 1976 - Toxic effects of volatile exudates from *Artemisia tridentata* Nutt. on soil microbe. - Proc. Montana Acad. Sci., 36: 80-85.

Weaver T.W., Klarich D., 1977 - Allelopathic effects of volatile substances from *Artemisia tridentata* var. *vaseyana*. - Amer. Middl. Natur., 97(2): 508-512.

Yano K., Ishizu T., 1994 - Capillen, a seed germination inhibitor from *Artemisia capillaris* roots. - Phytochem., 37(3): 689-690.

Yun K.W., Choi S.K., 2002 - Mycorrhizal colonization and plant growth affected by aqueous extract of *Artemisia princeps* var. *orientalis* and two phenolic compounds. - J. Chem. Ecol., 28(2): 353-362.

Yun K.W., Kil B.S., 1992 - Assessment of allelopathic potential in *Artemisia princeps* var. *orientalis* residues. - J. Chem. Ecol., 18(11): 1933-1940.

Yun K.W., Kil B.S., Kim Y.H., Kim K.S., 1992 - Allelopathic effects on selected plant species by four *Artemisia* species in Korea. - Proc. I Nat. Symp. Allelop. Agroecosys. Agric. For., 12-14/02/1992, Haryana Agric. Univ., Hisar India: 78-79.

Yun K.W., Kil B.S., Park J.S., 1994 - Identification of naturally occurring chemicals from *Artemisia princeps* var. *orientalis*. - Allelopathy J., 1(2).

Yun K.W., Maum M.A., 1997 - Allelopathic potential of *Artemisia campestris* ssp. *caudata* on Lake Huron sand dunes. - Canad. J. Bot., 75(11): 1903-1912.