

ALELOPATSKI POTENCIJAL SIRKOVA (*Sorghum* sp.)

Sikora, V., Berenji, J.*

IZVOD

U agroekosistemima alelopatija predstavlja deo uzajamnih odnosa između organizama, zbog čega može imati značajan uticaj na ekonomske rezultate biljne proizvodnje. Sirkovi spadaju u red biljaka sa alelopatskim delovanjem. Primenom savremenih laboratorijskih tehnika, iz stabla, listova i korena biljke sirka, izolovano je nekoliko alelohemikalija, od kojih su najznačajnije fenolne kiseline i hidrokinin dugog lanca nazvan sorgoleon. Iskorišćavanje ovih alelohemikalija u praksi se vrši ostavljanjem žetvenih ostataka kao pokrova na zemljištu, primenom mulča od nadzemnih delova biljaka ili prskanjem vodenim rastvorom koji se dobija od sirka. Njihovo delovanje na biljke akceptore može biti inhibitorno ili stimulatívno, pri čemu intenzitet delovanja zavisi od koncentracije alelohemikalija. Zbog inhibitornog delovanja prema nekim korovima alelohemikalije poreklom iz sirka u perspektivi mogu predstavljati potencijalni bioherbicid selektivnog dejstva.

Ključne reči: alelopatija, alelohemikalije, sorgoleon, sirak

UVOD

Termin alelopatija je prvi upotrebio Hans Molish sa Bečkog univerziteta 1937. godine. Ovaj termin je izveden iz grčkog *allelon* – „jedan od drugoga“ i reči *pathos* koja ima dva značenja – „patiti“ odnosno „senzitivnost“ i koristi se pri opisu uzajamnog delovanja jednog organizma na drugi (Gross, 1999).

Međunarodno alelopatsko društvo (International Allelopathy Society) je 1996. godine definisalo alelopatiju kao „bilo koji proces koji uključuje sekundarne proizvode metabolizma biljaka ili mikroorganizama koji utiču na rast i razvoj bioloških i poljoprivrednih sistema (izuzimajući životinje), uključujući i pozitivne i negativne efekte“ (Torres et al., 1996).

Iako se o alelopatiji govori dugo vremena, ona je tek nedavno prihvaćena kao legitimna oblast bioloških istraživanja. Osnovni razlozi zašto je alelopatija bila pod znakom pitanja su pre svega komplikacije u izolaciji i karakterizaciji alelopatski aktivnih materija, kao i nedostatak odgovarajućih procedura koje bi se primenjivale pri identifikaciji njihovog delovanja. Sa razvojem savremenih metoda za identifikaciju hemikalija izolovane su i biološki aktivne supstance sa fitotoksičnim potencijalom, kojima se može pripisati alelopatsko ponašanje (Duke et al., 1998).

* Dr Vladimir Sikora, prof. dr Janoš Berenji, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

ALELOPATIJA I BILJNA PROIZVODNJA

Stvaranje sorti otpornih prema bolestima i insektima, uz primenu dobre poljoprivredne prakse (GAP), kod većine gajenih biljnih vrsta rezultirao je smanjivanjem potrošnje fungicida i insekticida, dok sa druge strane potrošnja herbicida u svetskim razmerama raste. Na povećavanje potrošnje herbicida utiče pre svega činjenica da je radna snaga za mehaničko uništavanje korova sve skuplja i manje dostupna a herbicidi, pogotovo oni novije generacije, su veoma efikasni za suzbijanje korova. Suzbijanje korova hemijskim putem, iako efektivno, takođe je veoma skupo a sve češće se postavlja pitanje njegovog uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu (Cheema, Khaliq, 2000). Najnoviji trendovi u zaštiti bilja se orijentišu na smanjenje potrošnje herbicida i razvoj alternativnih strategija za suzbijanje korova. Pošto su prirodne aktivne materije i biorazgradive, smatra se da su one mnogo bezbednija solucija u poređenju sa sintetičkim (Duke et al., 2000). S druge strane, u konvencionalnoj proizvodnji korovi mogu vremenom razviti rezistentnost prema herbicidima koji se koriste za njihovo uništavanje, što ove zatim čini manje efikasnim (De Prado, Franco, 2004).

Iskorišćavanje alelopatije sve više dobija na značaju u konvencionalnoj a pogotovo u organskoj poljoprivredi. Mogući ekološki problemi, uticaj na spoljnu sredinu i zdravstveni problemi koji su povezani sa primenom sintetičkih pesticida povećavaju interes za organskom proizvodnjom (Dayan et al., 1999) u okviru koje je zabranjena primena sintetičkih pesticida i mineralnih đubriva (Wallace, 2001). U sistemu organske proizvodnje korovi se najčešće uništavaju mehanički što je zahtevno u pogledu radne snage (Rasmussen, Parton, 1994).

U savremenoj biljnoj proizvodnji sve češće dolazi do korišćenja genetički modifikovanih biljaka rezistentnih prema herbicidima, posebno kada je reč o kukuruzu, soji, uljanoj repici i pamuku (Gressel, 2000). Jedan od nedostataka ove tehnologije jeste opasnost od horizontalnog transfera gena pri čemu se transgen iz genetički modifikovanih biljaka može preneti u korove i dovesti do pojave njihove rezistentnosti prema herbicidima (Ellstrand, 2001). Postoji i ideja razvoja genetički modifikovanih biljaka sa sposobnošću proizvodnje alelohemikalija, kako bi takve transgene biljke same proizvodile hemijske komponente za borbu protiv korova (Gressel, 2000; Duke et al., 2001). Istina, ne može se zanemariti negativan stav javnog mnjenja prema transgenim biljkama uopšte (Senior, Dale, 2002), što se odnosi i na genetički modifikovane biljke za proizvodnju alelohemikalija.

ALELOHEMIKALIJE

Alelopatija predstavlja visokopotencijalni sistem racionalne kontrole korova pronalazenjem takvih biljnih vrsta koje same oslobađaju alelohemikalije (Bertin et al., 2003.; Weston, Duke, 2003). Hemijske materije oslobađane od strane biljaka koje ispoljavaju alelopatske učinke označavaju se terminom alelohemikalije. Većina alelohemikalija je klasifikovana kao sekundarni proizvod metabolizma i predstavlja nusproizvod primarnih metaboličkih puteva u biljkama. Iako je njihova uloga često nepoznata, neke alelohemikalije imaju u biljkama strukturalnu funkciju, kao na primer međuproizvodi lignifikacije (Einhellig, 1995a) ili odbrambenu ulogu protiv herbivora (Niemeyer, 1988) odnosno biljnih patogena (Corcuera, 1993).

Alelohemikalije mogu biti prisutne u svim delovima biljaka. Iz biljke donora se u okruženje oslobadaju na nekoliko načina: ispiranjem iz nakvašenih listova i stabala biljke (orah), isparivanjem fitotoksičnih komponenti iz zelenih delova biljaka (žalfija), oslobađanjem fitotoksičnih komponenti iz reaspadajućeg biljnog materijala (raž) ili korena (pirinač) (Olofsdotter et al., 2002).

Da bi neka hemijska materija bila identifikovana kao alelohemikalija mora biti izolovana u količinama adekvatnim za njenu identifikaciju. Materije za koje je dokumentovano alelopatsko delovanje spadaju u grupu tanina, glikozida, flavonoida i fenolnih kiselina (Einhellig, 1995b).

Alelopatsko dejstvo je po pravilu izraženije ukoliko zajednički deluje više komponenti, u poređenju sa istom koncentracijom alelohemikalija koje deluju pojedinačno (Blum et al., 1999). Smeša alelohemikalija može imati alelopatsko dejstvo čak i u slučaju da je koncentracija pojedinačnih komponenti ispod njihovog inhibitorynog nivoa (Blum et al., 1993; Blum, 1996).

Alelopatske komponente mogu iz biljnog materijala biti oslobađane kontinualno ili u delovima u momentu kada su izazvane delovanjem eksternih faktora poput padavina (Yoshida et al., 1993). Alelohemikalije se u zemljište oslobađaju tokom dužeg perioda a iz zemljišnog rastvora se imobilizuju tako što ih primaju biljke, apsorbuju čestice zemljišta ili dolazi do njihovog degradiranja delovanjem zemljišne mikroflore (Cheng, 1995).

Najpraktičniji način korišćenja alelopatije u kontroli korova je korišćenje biljnih ostataka alelopatskih biljaka kao pokrova na zemljištu, ili njihova primena u vidu malča (Caamal–Maldonado et al., 2001; Dhima et al., 2006). Tokom razgradnje biljnih ostataka ostavljenih na površini zemljišta dolazi do proizvodnje mikrobijalnih fitotoksina ili do depresivnog delovanja na klijanje korova (Narwal, 1994). Za razliku od žetvenih ostataka koji su prisutni na površini, malčovanjem se biljni delovi unose u zemljište gde je njihova koncentracija niža. Pošto intenzitet alelopatskog efekta zavisi od koncentracije alelohemikalija, njihovo delovanje je intenzivnije ukoliko se ispiru iz biljnog materijala na površini zemljišta. Kod primene malča, s druge strane, njihovo oslobađanje je sporije a efekat traje duži vremenski period (Rodrigues et al., 1999). Pored žetvenih ostataka na površini zemljišta i malča, podjednako efikasan način predstavlja i korišćenje ekstrakta alelopatskih biljaka kao bioherbicida (Dayan, 2002).

Materije sa alelopatskim delovanjem protiv viših biljaka su karakterizovane kao supresori klijanja semena, oštećenja pri rastu korena i drugih meristema ili inhibitori rasta klijanaca (Kim et al., 1993; Ahmad et al., 1995).

ALELOHEMIKALIJE U SIRKU

U biljci sirka (stablo, list i koren) identifikovan je niz hemijskih materija sa alelopatskim učinkom. Najveći deo predstavljaju fenolne kiseline: ferulna, p–kumarinska, siringinska, vanilinska, p–hidroksibenzoeva (Guenzi, McCalla, 1966), m–hidroksibenzoeva, proto–katehinska (Burgos–Leon et al., 1980), benzoeva, m–kumarinska, galna, kafena i hlorogenska kiselina (Cheema, 1988). Pored toga alelopatske osobine se pripisuju hidrokininu dugog lanca nazvanom sorgoleon (Nicollier et al., 1983; Nutzley, Butler, 1986), kao i hidroksibenzaldehidu (Cherney et al., 1991). Od kvantitativno izdvojenih i identifikovanih alelohemikalija u sirku u najvećoj koncentraciji se javlja p–kumarinska a zatim ferulna kiselina.

Produkcija biljnih fenolnih komponenti koje su deo hemijske odbrane biljaka je pod kontrolom genetičkih, kao i faktora spoljne sredine. Napadi štetočina (Tempel, 1981), štete od insekata (Woodhead, Cooper–Driver, 1979) ili smanjenje fertilnosti zemljišta (Einhellig, 1996) generalno povećavaju sintezu ovih komponenti u biljkama sirka.

Ukupne količine fenola variraju od 4 do 156 kg/ha kod nadzemnih delova odnosno 1–16 kg/ha kod korena sirka. Količina fenola je usko povezana sa količinom suve materije biljaka a veća je u uslovima bolje snabdevenosti azotom. Pozitivna korelacija postoji i između prinosa zrna sirka i količine fenola, što znači da uslovi spoljne sredine koji potpomažu rast i razvoj biljaka pozitivno deluju i na sintezu fenola u vegetativnim delovima biljaka (Sene et al., 2001).

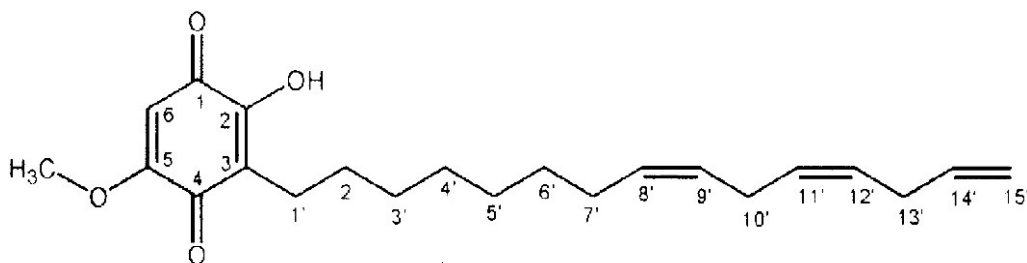
Najintenzivnija proizvodnja alelohemikalija sirka se odvija u najranijim fazama rasta i krajem vegetacije. Koncentracija fenolnih kiselina je najveća u fazi kotiledona, nakon čega dolazi do smanjenja tako da je 28 dana posle klijanja najniža koncentracija, da bi se zatim povećavala sve do perioda klasanja kada dostiže isti nivo kao u mladim biljčicama (Woodhead 1981).

Alelohemikalije sirka imaju selektivno delovanje koje je specifično u odnosu na biljnu vrstu. Dok je kod nekih vrsta njihov negativan efekat veoma izražen, na druge uopšte ne deluju a na treće deluju stimulatивно (Netzly, Butler, 1986). Pored toga, kod većih koncentracija ove alelohemikalije imaju inhibirajuća, a kod manjih stimulativna svojstva (Cheema, 1998).

SORGOLEON

Sorgoleon (2–hidroksi–5–metoksi–3–[(8'Z,11'Z)–8',11',14'–pentadekatriin]–p–benzo–kinon) je najznačajnija alelopatska komponenta korenovih izlučevina sirka (sl. 1) (Chang et al., 1986; Netzly, Butler, 1986; Nimbale et al., 1996). Ovim terminom se takođe označava grupa lipofilnih p–benzokinona strukturalno bliskih sa sorgoleonom, proizvedenih u sirkovom korenu koji imaju hidroksi i metoksi supstituciju na poziciji 2 i 5 a svaki ima 15– ili 17–ugljeničnih alifatičkih završetaka sa različitim stepenom nezasićenosti na poziciji 3 (Netzly et al., 1988).

Sorgoleon je hidrofobna kapljasta izlučevina sa vrha korena (Netzly, Butler, 1986) pri čemu je njegova proizvodnja skoncentrisana na fiziološki visoko aktivne korenove dlačice (Czarnota et al., 2001). Mesto sinteze sorgoleona je citoplazma zbijenih ćelija korenovih dlačica, a ovaj proces se odigrava uz učešće endoplazmatskog retikuluma i Goldžijevog aparata.



Sl. 1 Hemijska formula sorgoleona
 Fig. 1 Chemical formula of sorgoleone

Male kapljice novosintetizovanih citoplazmatskih izlučevina se deponuju između ćelijskog zida i plazmaleme, gde se sjedinjuju u veće kapi koje prolaze kroz ćelijski zid i formiraju kapi pri vrhu korenovih dlačica (Czarnota et al., 2003a). Korenovo tkivo divljeg sirka proizvodi proporcionalno veće količine korenovih izlučevina koje sadrže sorgoleon u poređenju sa drugim sirkovima (Czarnota et al., 2003b), usled jače ekspresije SOR1 gena koji je povezan sa proizvodnjom sorgoleona (Yang et al., 2004).

Primarni mehanizam fitotoksičnog delovanja sorgoleona je povezan sa inhibicijom fotosinteze u sistemu viših biljaka, preko konkurencije za mesto vezivanja plastokinona u fotosistemu II (Einhelig et al., 1993; Nimbale et al., 1996; Gonzales et al., 1997). Ovaj lipofilni p-benzokinon je poznat po tome što sprečava reakciju transfera elektrona uključenih u mitohondrijalnu respiraciju i inhibira enzim p-hidroksifenilpiruvat dioksigenazu (Rasmussen et al., 1992; Meazza et al., 2002). Pored toga tu je još i negativno delovanje na esencijalne procese u biljkama poput uzimanja vode i rastvora hraniva, što je povezan sa inhibicijom rasta od strane sorgoleona (Hejl, Koster, 2004). U koncentraciji jednakoj kao sintetički herbicidi on takođe inhibira hidroksifenilpiruvat dioksigenazu (HPPD) delujući kao inhibitor biosinteze plastokinona (Meazza et al., 2002).

Sorgoleon je fitotoksičan prema širokolisnim i travnatim korovima već u koncentraciji 10 μM (Einhellig, Souza, 1992; Nimbale et al., 1996). Ova fitotoksičnost se ispoljava bilo da se aplikuje preemergentno (Weston, Czarnota, 2001) ili postemergentno uz folijarnu aplikaciju, kada se njegova koncentracija (10 μM) izjednačava sa dejstvom 0,6 kg/ha atrazina (Czarnota et al., 2001).

ALELOPATSKO DELOVANJE SIRKOVA NA GAJENE BILJKE

Preemergentna primena vodenog ekstrakta sirka kod pšenice inhibira rast i razvoj primarnog korena za 77% a kotiledona za 69% (Guenzi, McCalla, 1966), pri čemu dolazi do smanjenja klijavosti i redukcije suve mase mladih biljaka (Kim et al., 1993a; De Souza et al., 1999). Folijarno prskanje vodenim ekstraktom sirka pozitivno utiče na prinos zrna pšenice preko povećanja mase hiljadu zrna i broja zrna po klasu (Cheema et al., 1997).

Za razliku od pšenice, kukuruz i soja su u prvim fazama rasta i razvića biljaka manje osetljivi prema vodenom ekstraktu sirka (Bhowmik, Doll, 1982; Kim et al., 1993a), koji deluje stimulatивно na rast kotiledona i primarnog korena kukuruza (Angiras et al., 1987) i povećanje prinosa soje (Khaliq et al., 1999).

Kao izuzetno osetljive vrste na inhibitorno delovanje vodenog ekstrakta sirka na mlade biljke pokazali su se pasulj i štir (De Souza et al., 1999), pamuk (Ahmad et al., 1995), detelina (Chung, Miller, 1995), rotkvica i pirinač (Kim et al., 1993b) i paradajz kod koga njegova aplikacija stimuliše gljivična oboljenja (Castro et al., 1990).

Fitotoksičnost vodenog ekstrakta sirka varira u zavisnosti od genotipa i dela biljke od kojeg se ekstrakt pravi, pri čemu su listovi i koren najviše fitotoksični (Ben-Hammouda et al., 1995). Razlike u fitotoksičnosti vodenog rastvora postoje i između pojedinih vrsta sirka. Veću inhibitornu sposobnost ispoljava vodeni rastvor divljeg sirka (*Sorghum halepense*) u poređenju sa gajenim sirkovima (*Sorghum bicolor*) (Castro et al., 1990; Vasilakoglou et al., 2005).

Alelopatski efekat sirkovih ostataka u velikoj meri zavisi od stepena njihove razgradnje u vreme setve pšenice (Roth et al., 2000), jer njihovo delovanje počinje nakon jedne nedelje a

traje najmanje osam nedelja (Al-saadawi et al., 1993). Inkorporacijom stabla i prskanjem vodenim rastvorom sirka se kod pšenice postiže više produktivnog bokorenja, više zrna po klasu, teže zmo, manja visina biljke i veća dužina klasa usled čega je i prinos zrna veći (Cheema, Khaliq, 2000; Cheema et al., 2002).

Primena sirkovog malča u kombinaciji sa aplikacijom vodenog rastvora utiče na povećanje lisne površine, broja mahuna i broja zrna po mahuni kod pasulja i prinosa zrna pamuka (Cheema et al., 2000). Kod kukuruza ova kombinacija utiče na povećanje visine biljaka, površine listova i mase hiljadu zrna, usled čega su prinosi veći i do 44% (Ahmad et al., 2000).

ALELOPATSKO DELOVANJE SIRKOVA NA KOROVE

Korišćenje biljnih ostataka sirka u vidu materijala za malčiranje površine zemljišta i vodenog ekstrakta za folijarno prskanje je pokazalo obećavajuće rezultate u modernom sistemu borbe protiv korova (Kim et al., 1993; Cheema et al., 1997; Cheema, Khaliq, 2000), kako u normalnom plodoređu (Roth et al., 2000), tako i u združenom usevu (Mbwaga, 1996).

Značajno inhibitorno delovanje vodenog ekstrakta stabla, listova i korena sirka je zabeleženo kod klijanja, rasta kotiledona i primarnog korena i smanjenja brojnosti korova poput *Ipomoea tribola*, *Echinochloa colonum*, *Rottboellia cochinchinensis* (Kim et al., 1993a, 1993b), *Rumex dentatus*, *Coronopus didymus* (Cheema et al., 1997), *Convolvulus arvensis* i *Portulaca oleracea* (Cheema et al., 2000). Zabeleženo smanjenje brojnosti korova nakon aplikacije vodenog rastvora sirka je od 13% kod pamuka do 57% kod pšenice.

Kod primene malča alelopatski efekat zavisi od faze inkorporacije, kvantiteta mase i kondicije sirka. Inkorporacija korenova sirka *in situ* redukuje suhu masu drugih korova za 26–49% (Cheema, Ahmad, 1992). Inkorporacija 10–15 t/ha⁻¹ biljnih ostataka sirka uzrokuje redukciju broja korova za 26–68%, a njihove suve mase za 42–77% (Ahmad et al., 1995; Alsaadawi, 1999; Cheema et al., 2000; Cheema, Khaliq, 2000; Ahmad et al., 2000).

Intenzitet alelopatskog delovanja sirka zavisi od izvora alelohemikalija, njihove koncentracije i ciljane vrste korova. Nedelotvornim se pokazalo inhibitorno delovanje prema *Trianthema portulacastrum* i *Melilotus parviflora*, pri čemu su zabeleženi i određeni stimulatívni učinci vodenog rastvora i sirkovog malča na rast i razvoj ovih korova (Cheema et al., 2002; Randhawa et al., 2002).

LITERATURA

Ahmad, S., Rehman, A., Cheema, Z.A., Tanveer, A., Khaliq, A. (1995): Evaluation of some crop residues for their allelopathic effects on germination and growth of cotton and cotton weeds. 4th Pakistan Weed Scientific Conference, Faisalabad, 63–71.

Ahmad, A., Cheema, Z.A., Ahmad, R. (2000): Evaluation of sorgaab as natural weed inhibitor in maize. JAPS 10, 141–146.

Al-saadawi, I.S., Mahdi, A.S., Bapeer, V.H.K. (1993): Separation of phytotoxins from Sorghum bicolor (L.) Moench and study of its persistence in soil. First Scientific Conference on Field Crops Research, Ministry of Agriculture, Baghdad, Iraq.

- Angiras, N.N., Singh, S.D., Singh, C.M. (1987): Allelopathic effects of important weed species on germination and growth of maize and soybean seedlings. *Indian Journal of Weed Science* 19, 57–65.
- Baerson, S.R., Dayan, F.E., Rimando, A.M., Dhammika Nanayakkara, N.P., Liu, C.J., Schröder, J., Fishbein, M., Pan, Z., Kagan, I.A., Pratt, L.H., Cordonier-Pratt, M.M., Duke, S.O. (2008): A functional genomics investigation of allelochemical biosynthesis in *Sorghum bicolor* root hairs. *Journal of Biological Chemistry* 238, 3231–3247.
- Ben-Hammouda, M., Robert, J.K., Harry, C.M. (1995): Phytotoxicity of extracts from sorghum plant components on wheat seedlings. *Crop Science* 35, 1652–1656.
- Bertin, C., Yang, X.H., Weston, L.A. (2003): The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and Soil* 256, 67–83.
- Bhowmik, P.C., Doll, J.D. (1982): Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. *Agronomy Journal* 74, 601–606.
- Blum, U. (1996): Allelopathic interactions involving phenolic acids. *Journal of Nematology* 28, 259–267.
- Blum, U., Gerig, T.M., Worsham, A.D., King, L.D. (1993): Modification of allelopathic effects of p-coumaric acid on morning glory seedling biomass by glucose, methionine, and nitrate. *Journal of Chemical Ecology* 19, 2791–2811.
- Blum, U., Shafer, S.R., Lehmen, M.E. (1999): Evidence for inhibitory interactions involving phenolic acids in field soils: concept vs. Experimental model. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18, 673–693.
- Burgos-Leon, W., Gaury, F., Nicou, R., Chopart, T.L., Dommergues, Y. (1980): Etudes et travaux d'un cas de fatigue des sols induite par la culture du sorgho. *Agronomica Tropicana (Paris)* 35, 319–334.
- Caamal-Maldonado, J., Jimenez-Osornio, J.J., Torres-Barragan, A., Anaya, A.L. (2001): The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy Journal* 93, 27–36.
- Castro, P.R.C., Rodrigues, E., Auer, C.G. (1990): Study of allelopathic effects of *Brassica napus* L. and *Sorghum halepense* (L.) Pers. *Revista de Agricultura* 65, 3–14.
- Chang, M., Netzly, D.H., Butler, L.G., Lynn, D.G. (1986): *Journal of American Chemical Society* 108, 7858–7860.
- Cheema, Z.A., Ahmad, S. (1992): Allelopathy: A potential tool for weed management. National Seminar on Role of Plant Health and Care in Agricultural Production, December 28–29, University of Agriculture Faisalabad, Pakistan.
- Cheema, Z.A., Asim, M., Khaliq, A. (2000): Sorghum allelopathy for weed control in cotton (*Gossypium arboreum* L.). *International Journal of Agricultural Biology* 2, 37–41.
- Cheema, Z.A., Iqbal, M., Ahmad, R. (2002): Response of wheat varieties and some rabi weeds to allelopathic effects of sorghum water extract. *International Journal of Agricultural Biology* 4, 52–55.
- Cheema, Z.A., Luqman, M., Khaliq, A. (1997): Use of allelopathic extracts of sorghum and sunflower herbage for weed control in wheat. *JAPS* 7, 91–93.
- Cheema, Z.A. (1988): Weed control in wheat through sorghum allelochemicals. Ph.D. Thesis, Deptt. Agron. Univ. Agri., Faisalabad, Pakistan.
- Cheema, Z.A. (1998): Sorghum allelopathy. A new weed control technology for enhancing wheat productivity. *JAPS* 8, 19–21.
-

Cheema, Z.A., Khaliq, A. (2000): Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi-arid region of Punjab. *Agriculture Ecosystems and Environment* 79, 105–112.

Cheng (1995): Characterization of mechanisms of allelopathy: Modeling and experimental approaches. In „Allelopathy: Organisms, Processes and Applications“, Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig, F.A. eds, American Chemical Society, Washington DC, 132–141.

Cherney, D.J., Patterson, J.A., Cherney, J.H., Axtell, J.D. (1991): Fibro and soluble phenolic monomer composition of morphological components of sorghum stover. *J. Sci. Food Agric.* 54, 645–649.

Chung III, M., Miller, D.A. (1995): Allelopathic influence of nine forage grass extracts on germination and seedling growth of alfalfa. *Agronomy Journal* 87, 767–772.

Corcuera, L.J. (1993): Biochemical basis for the resistance of barley to aphids. Review article number 78. *Phytochemistry* 33, 741–747.

Czarnota, M.A. (2001): Sorghum (*Sorghum* sp.) root exudates: production, localization, chemical composition, and mode of action. PhD thesis, Cornell University, USA.

Czarnota, M.A., Paul, R.N., Dayan, F.E., Nimal, C.I., Weston, L.A. (2001): Mode of action, localization, chemical nature, and activity of sorgoleone: A potent PSII inhibitor in Sorghum spp. root exudate. *Weed Technology* 15, 813–825.

Czarnota, M.A., Paul, R.N., Weston, L.A., Duke, S.O. (2003a): Anatomy of sorgoleone-secreting root hairs of Sorghum species. *International Journal of Plant Sciences* 164, 861–866.

Czarnota, M.A., Rimando, A.M., Weston, L.A. (2003b): Evaluation of root exudates of seven sorghum accessions. *Journal of Chemical Ecology* 29, 2073–2083.

Dayan, F.E. (2002): Natural pesticides. In „Encyclopedia of pest management“, Pimentle, D. ed. Marcel Dekker, Inc., New York, 521–525.

Dayan, F.E., Kagan, I.A., Rimando, A.M. (2003): Elucidation of the biosynthetic pathway of the allelochemical sorgoleone using retrobiosynthetic NMR analysis. *Journal of Biological Chemistry* 31, 28607–28611.

Dayan, F.E., Romagni, J.G., Tellez, M., Rimando, A., Duke, S. (1999): Managing weeds with bio-synthesized products. *Pesticide Outlook* 10, 185–188.

DePrado, R.A., Franco, A.R. (2004): Cross-resistance and herbicide metabolism in grass weeds in Europe: Biochemical and physiological aspects. *Weed Science* 52, 441–447.

DeSouza, C.N., DeSouza, I.F., Pasqual, M. (1999): Sorgoleone extraction and its effects on plant growth. *Ciencia and Agrotechnologia* 23, 331–338.

Dewick, P.M. (1997): *Medicinal Natural Products*, pp. 73–74, John Wiley and Sons, New York.

Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Eleftherohorinos, I.G., Lithourgidis, A.S. (2006): Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. *Crop Science* 46, 345–352.

Duke, S.O., Dayan, F.E., Rimando, A.M. (1998): Natural products as tools for weed management. *Proceedings of Japan Weed Science Suppl.* 1–11.

Duke, S.O., Dayan, F.E., Romagni, J.G., Rimando, A.M. (2000): Biosynthesized products as sources of herbicides: Current status and future trends. *Weed Research* 40, 345–352.

Duke, S.O., Scheffer, B.E., Dayan, F.E., Weston, L.A., Ota, E. (2001): Strategies for using transgenes to produce allelopathic crops. *Weed Technology* 15, 826–834.

- Einhellig, F.A. (1995a): Mechanism of action of allelochemicals in allelopathy. In „Allelopathy: Organisms, Processes and Applications“, Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig, F.A. eds, American Chemical Society, Washington DC, 96–116.
- Einhellig, F.A. (1995b): Allelopathy—Current status and future goals. In „Allelopathy: Organisms, Processes and Applications“, Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig, F.A. eds, American Chemical Society, Washington DC, 1–24.
- Einhellig, F.A. (1996): Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal* 88, 886–893.
- Einhellig, F.A., Rasmussen, J.A., Hejl, A.M., Souza, I.F. (1993): Effects of root exudate sorgoleone on photosynthesis. *Journal of Chemical Ecology* 19, 369–375.
- Einhellig, F.A., Souza, I.F. (1992): Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudate. *Journal of Chemical Ecology* 18, 1–11.
- Ellstrand, N.C. (2001): When transgenes wander, should we worry? *Plant Physiology* 125, 1543–1545.
- Gonzalez, V.M., Kazimir, J., Nimbale, C.I., Weston, L.A., Cheniae, G.M. (1997): Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 45, 1415–1421.
- Gressel, J. (2000): Molecular biology of weed control. *Transgenic Research* 9, 355–382.
- Gross, E. (1999): Allelopathy in benthic and littoral areas case studies on allelochemicals from benthic cyanobacteria and submerged macrophytes. In „Principles and Practices in Plant Ecology Allelochemical Interactions“, Inderjit, K.M., Dakshini, M., Foy, C.L. eds, CRC Press, Boca Raton, 179–199.
- Guenzi, W.D., McCalla, T.M. (1966): Phenolic acids in oats, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. *Agronomy Journal* 58, 303–304.
- Hejl, A.M., Koster, K.L. (2004): The allelochemical sorgoleone inhibits root H⁺-ATPase and water uptake. *Journal of Chemical Ecology* 11, 2181–2189.
- Khaliq, A., Cheema, Z.A., Mukhtar, M.A., Ahmad, S.M. (1999): Evaluation of sorghum water extract for weed control in soybean. *International Journal for Agricultural Biology* 1, 23–26.
- Kim, S.Y., DeDatta, S.K., Robles, R.P., Kim, K.U., Lee, S.C., Shin, D.H. (1993a): Isolation and characterisation of allelopathic substances from sorghum stem. *Korean Journal of Weed Science* 14, 156–162.
- Kim, S.Y., DeDatta, S.K., Robles, R.P., Kim, K.U., Lee, S.C., Shin, D.H. (1993b): Allelopathic effects of sorghum extract and residues on selected crop and weeds. *Korean Journal of Weed Science* 14, 34–41.
- Mbwaga, A.M. (1996): Status of striga species in Tanzania: Occurrence, distribution and on-farm control packages. Proceedings of SADC/ICRISAT Regional Sorghum and Pearl Millet Workshop, Gaborone, Botswana, July 25–29, 1996, Patancheru, India, 195–200.
- Meazza, G., Scheffler, B.E., Tellez, M.R., Rimando, A.M., Nanayakkara, N.P.D., Khan, I.A., Abourashed, E.A., Romagni, J.G., Duke, S.O., Dayan, F.E. (2002): *Phytochemistry* 59, 281–288.
- Narwal, S.S. (1994): Allelopathy in crop production. Scientific Publishers. Jodhpur, India.
- Netzly, D.H., Riopel, J.L., Ejeta, G., Butler, L.G. (1988): *Weed Science* 36, 441–446.
- Niemeyer, H.M. (1988): Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the *Gramineae*. *Phytochemistry* 27, 3349–3358.
-

- Nimbal, C.I., Yerkes, C.N., Weston, L.A., Weller, S.C. (1996): Pestic. Biochem. Physiol. 54, 73–83.
- Olofsdotter, M., Jensen, L.B., Courtois, B. (2002): Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. *Plant Breeding* 121, 1–9.
- Randhawa, M.A., Cheema, Z.A., Ali, M.A. (2002): Allelopathic effect of sorghum water extract on the germination and seedling growth of *Trianthema portulacastrum*. *International Journal of Agriculture and Biology* 4, 383–384.
- Rasmussen, J.A., Hejl, A.M., Einhellig, F.A., Thomas, J.A. (1992): Sorgoleone from root exudate inhibits mitochondrial functions. *Journal of Chemical Ecology* 18, 197–207.
- Rasmussen, P.E., Parton, W.J. (1994): Long-term effects of residue management in wheat: I. Inputs, yield, soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 523–530.
- Rice, E.L. (1984): Allelopathy, 2nd edition. Academic Press Orlando.
- Rimando, A.M., Dayan, F.E., Czarnota, M.A., Weston, L.A., Duke, S.O. (1998): A new photosystem II electron transfer inhibitor from Sorghum bicolor. *Journal of Natural Products* 61, 927–930.
- Rodrigues, B.N., Passini, T., Ferreira, A.G. (1999): Research on allelopathy in Brazil: Crop residues as mulches. In „Allelopathy update, Vol. 1“, Narwal, S.S. ed. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.
- Roth, C.M., James, P.S., Gary, M.P. (2000): Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. *Agronomy Journal* 92, 855–860.
- Sene, M., Dore, T., Gallet, C. (2001): Relationship between biomass and phenolic production in grain sorghum grown under different conditions. *Agronomy Journal* 93, 49–54.
- Senior I.J., Dale, P.J. (2002): Herbicide-tolerant crops in agriculture: oilseed rape as a case study. *Plant Breeding* 121, 97–107.
- Tempel, A.S. (1981): Field studies of the relationship between herbivore damage and tannin content in bracken (*Pteridium aquilinum* Kuhn.). *Oecologia* 51, 97–106.
- Torres, A., Oliva, R.M., Castellano, D., Cross, P. (1996): First world congress on allelopathy. A science of the future. SAI University of Cadiz, Spain, 278.
- Vasilakoglou, I., Dima, K., Eleftherohorinos, I. (2005): Allelopathic potential of bermudagrass and johnsongrass and their interference with cotton and corn. *Agronomy Journal* 97, 303–313.
- Wallace, J. (ed.) (2001): Organic field crop handbook. 2nd edition, Canadian Organic Growers, Mothersill, Canada.
- Weston, L.A., Czarnota, M.A. (2001): Activity and persistence of sorgoleone, a long-chain hydroquinone produced by Sorghum bicolor. *Journal of Crop Production* 4, 363–377.
- Weston, L.A., Duke, S.O. (2003): Weed and crop allelopathy. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22, 367–389.
- Woodhead, S. (1981): Environmental and biotic factors affecting the phenolic content of different cultivars of *Sorghum bicolor*. *Journal of Chemical Ecology* 7, 1035–1047.
- Woodhead, S., Cooper-Driver, G. (1979): Phenolic acids and resistance to insect attack in *Sorghum bicolor*. *Biochemical and Systematic Ecology* 7, 309–310.
- Yang, X., Scheffler, B.E., Weston, L.A. (2004): SOR1, a gene associated with bioherbicide production in sorghum root hairs. *Journal of Experimental Botany* 406, 2251–2259.
- Yoshida, H., Tsumuki, H., Kanehisa, K., Corcuera, L.J. (1993): Release of gramine from the surface of barley leaves. *Phytochemistry* 34, 1011–1013.

ALLELOPATHIC POTENTIAL OF SORGHUMS (*Sorghum* sp.)

Sikora, V., Berenji, J.

SUMMARY

In agroecosystems allelopathy represents part of the interference between organisms and therefore may affect the economical outcome of plant production. Sorghums (*Sorghum* sp.) are crop species with considerable allelopathic potential. With application of contemporary laboratory techniques, various allelochemicals were isolated from sorghum stem, leaf as well as root. The most important allelochemicals are phenolic acids and long chain hydroquinine called sorgoleone. Application of these allelochemicals can be done by using phytotoxic crop residues as cover crops or mulches or spray as a crop water extract. Allelochemicals have inhibitory or stimulative effect on acceptor plants, and their intensity depend on their concentration. Because of inhibitory effect of sorghums allelochemicals on some weed plants, in perspective they can be use as a potential selective bioherbicide.

Key words: allelopathy, allelochemicals, sorgoleone, sorghum