

Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de soja

Influence of sorghum aqueous extracts on soybean germination and seedling development

Núbia Maria Correia¹ Maria Aparecida Pessôa da Cruz Centurion²
Pedro Luís da Costa Aguiar Alves³

RESUMO

Estudos conduzidos em laboratório ou em condições de campo demonstram o potencial alelopático da espécie *Sorghum bicolor* L., seja inibindo a germinação e o desenvolvimento de plantas daninhas ou até mesmo de plantas cultivadas em sucessão. Com o objetivo de avaliar os efeitos potencialmente alelopáticos de extratos aquosos das folhas, caules e raízes de cinco híbridos de sorgo (SARA, DKB860, DKB 599, XBG00478 e XBG06020), sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de soja, cv. MG/BR 46 (Conquista), foram conduzidos dois bioensaios no período de março a junho de 2002. Foram estabelecidas como testemunhas: água destilada (com pH 8,0); água destilada com pH ajustado para 4,5; água destilada com pH ajustado para 6,0 e solução de polietilenoglicol (PEG) equivalente ao potencial osmótico de 0,1 MPa. Dentre as características avaliadas, houve efeito significativo apenas no comprimento de radícula das plântulas de soja, sendo que aquelas tratadas com os extratos de sorgo apresentaram menor radícula, diferindo significativamente das plântulas testemunhas. Observou-se que, com os extratos de raízes dos híbridos SARA, DKB860, XBG00478 e XBG06020 ocorreram os menores comprimentos de radículas de soja, diferindo do DKB 599. O extrato de folhas do XBG00478 resultou em menor média, não diferindo dos extratos de DKB860, DKB599 e XBG06020. No entanto, para o extrato de caule, o SARA resultou em menor radícula, diferindo apenas do XBG00478. Verificou-se, também, que, para os extratos de DKB860 e XBG00478, os extratos de folhas proporcionaram menor média, diferindo dos extratos de raiz e caule, enquanto para DKB599, XBG06020 e SARA, não houve diferença significativa entre os extratos de folha e caule.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, *Glycine max*, alelopatia, híbridos.

ABSTRACT

Laboratory and field experiments show the allelopathic potential of *Sorghum bicolor* L., inhibiting germination and development of weeds and even succession crops. Allelopathic effects of aqueous extracts from leaves, stems and roots of five sorghum hybrids (SARA, DKB860, DKB599, XBG00478 and XBG06020) were evaluated on soybean (MG/BR 46 – Conquista) germination and seedling development. Two bioassays were conducted from March to June 2002. The controls were: distilled water; distilled water with pH adjusted to 4.5; distilled water with pH adjusted to 6.0; and polyethylene glycol solution (PEG) equivalent to the osmotic potential of 0.1 MPa. Significant effect was found only for radicle length; seedlings treated with sorghum extracts had significantly smaller radicles than the controls. The root extracts from SARA, DKB860, XBG00478 and XBG06020 reduced radicle length, differing from DKB599. Leaf extracts from XBG00478 resulted in the smallest average, statistically different from SARA extracts. SARA stem extracts resulted in the smallest radicles, differing only from XBG00478. Leaf extracts of DKB860 and XBG00478 were more inhibitory than root and stem extracts, while for DKB599, XBG06020 and SARA, leaf and stem extracts were equally inhibitory.

Key words: *Sorghum bicolor*, *Glycine max*, allelopathy, hybrids.

¹Engenheiro Agrônomo MSc, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: correianm@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor, Departamento de Produção Vegetal. UNESP. Campus de Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: cidinha@fcav.unesp.br.

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor, Departamento de Biologia Aplicada à Agricultura, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: plalves@fcav.unesp.br. Autor para correspondência.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) consiste numa excelente alternativa como cultura de outono/inverno, pois tolera condições de deficiência hídrica, possui elevada capacidade de aproveitamento da água e conversão em biomassa seca, produzindo cobertura apropriada para o estabelecimento do sistema de semeadura direta no cerrado. Também se deve levar em consideração que a palha de sorgo apresenta alta relação C/N e, conseqüentemente, maior persistência no solo. Além das características relacionadas, o sorgo possibilita rotação e sucessão a outras culturas, destacando a cultura da soja na região Central do Brasil.

Outro aspecto a ser mencionado é que as plantas de sorgo possuem a capacidade de exsudar aleloquímicos através dos pêlos radiculares, compostos estes que também se encontram presentes nas sementes, raízes, colmos e folhas em quantidade variáveis (PEIXOTO e SOUZA, 2002), interferindo no manejo das plantas cultivadas e daninhas (SANTOS, 1996). Estas substâncias orgânicas, os aleloquímicos, são responsáveis por uma grande diversidade de efeitos nas plantas. Esses efeitos incluem o atraso ou a inibição completa da germinação de sementes, paralisação do crescimento, injúria no sistema radicular, clorose, murcha e morte das plantas. O potencial alelopático de uma espécie depende do genótipo, do seu estágio de desenvolvimento, das condições ambientais e situações de estresse (RICE, 1984).

Através de bioensaios, pode-se detectar rapidamente diferenças no potencial alelopático de híbridos de sorgo. Uma vez determinada a potencialidade alelopática de um genótipo, os resultados poderão ser confirmados a campo, auxiliando na escolha do genótipo mais adequado para a sucessão sorgo (inverno) e a cultura subsequente (verão).

Em extratos vegetais de sorgo, o teor de fenólicos totais variou entre os híbridos estudados (Asgrow Topaz, Warner W-744DR e Taylor Evans Y-101G), e entre os anos de cultivo (BEN-HAMMOUDA et al., 1995b). No primeiro ano, o híbrido Taylor Evans Y-101G apresentou maior concentração de fenólicos, e no segundo ano, o Warner W-744DR foi o que apresentou maior teor, evidenciando outro fator de grande importância em estudos desta natureza, o ambiente, ou seja, todas as condições edafoclimáticas, principalmente situações de estresse, que alteram o metabolismo da planta e, conseqüentemente, a síntese de aleloquímicos. Neste mesmo trabalho, os autores verificaram, também, que a inibição do crescimento radicular de trigo estava positivamente associada

às concentrações de fenólicos totais contidos nos híbridos de sorgo.

Folhas, caules e raízes de sorgo foram as partes da planta que apresentaram maior atividade alelopática sobre plântulas de trigo, sendo que o alongamento das radículas foi reduzido em até 75% pelos extratos de caule (BEN-HAMMOUDA et al., 1995a). Entre os seis híbridos de sorgo estudados, o Taylor Evans Y-101G foi o mais alelopático, e os genótipos Asgrow Topaz e Warner W-744DR apresentaram menor potencial alelopático.

Com a hipótese que extratos aquosos oriundos de diferentes híbridos de sorgo e partes da planta doadora inibem a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de soja, quando avaliados em condições de laboratório, objetivou-se avaliar os efeitos de extratos aquosos de cinco híbridos de sorgo sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de soja, a fim de se estimar possíveis efeitos alelopáticos do sorgo sobre a soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Os extratos foram obtidos de cinco híbridos de sorgo granífero com 50 dias de idade, cultivados em condições de campo. As plantas foram separadas em folhas, caules e raízes. Cada parte da planta doadora foi lavada em água corrente, acondicionadas em saco de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, onde permaneceram até massa seca constante, a uma temperatura de 62°C. Após o período de secagem, foram trituradas em moinho tipo martelo e misturadas à água deionizada na proporção de 3 g para 100 mL de água (concentração de 3%), deixando-se em repouso por 15 horas, sendo, posteriormente, filtradas.

Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições, correspondendo aos extratos aquosos das folhas, caules e raízes dos híbridos SARA, DKB860, DKB599, XBG00478 e XBG06020. A escolha dos híbridos de sorgo foi feita com base na origem genética dos mesmos. O DKB860 possui como parentais linhagens dos EUA, o SARA e o DKB599 apresentam parentais do Brasil, o XBG00478 e o XBG06020 tratam-se de híbridos experimentais cujas linhagens são provenientes do Brasil e do México.

Determinou-se o pH, a condutividade elétrica e o potencial osmótico de cada extrato teste, e com base nos valores obtidos foram estabelecidas as testemunhas: água destilada (com pH 8,0); água destilada com pH ajustado para 4,5; água destilada com pH ajustado para 6,0 e solução de polietilenoglicol (PEG) equivalente ao potencial osmótico de 0,1 MPa. Os pHs de 4,5 e 6,0 foram obtidos pela acidificação da

água destilada com HCl 1N. Com o auxílio de um peagâmetro portátil, fizeram-se as determinações do pH até os valores desejados. O potencial osmótico foi zero para as testemunhas água destilada (com pH 8,0); água destilada com pH ajustado para 4,5 e água destilada com pH ajustado para 6,0.

Foram avaliados os efeitos dos extratos sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de soja. Os bioensaios foram conduzidos em câmara de germinação, com temperatura ajustada para 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Os testes foram realizados em placas de Petri com 10 cm de diâmetro e dois cm de altura, forradas com duas folhas de papel-filtro, autoclavadas a 120°C por uma hora. Em cada placa de Petri foram depositadas 15 sementes, para avaliação da germinação, e cinco sementes pré-germinadas, para análise do desenvolvimento de plântula. Adicionaram-se, em cada placa de Petri, 10 mL de extrato, com igual volume de soluções controle para as placas testemunhas. A cultivar de soja utilizada foi a MG/BR 46 (Conquista).

A germinação foi avaliada sob dois aspectos: porcentagem e velocidade de germinação. Esta variável foi monitorada por um período de seis dias com contagens diárias e eliminação das sementes germinadas.

A velocidade de germinação foi calculada através da seguinte fórmula, modificada de WARDLE et al. (1991):

$$V = \left[\frac{N1}{1} + \frac{N2}{2} + \frac{N3}{3} + \dots + \frac{Nn}{n} \right]$$

onde N1, N2, N3 e Nn são as porcentagens de sementes germinadas no primeiro, segundo, terceiro e enésimo dia após a incubação. Considerou-se como germinada toda semente que apresentou radícula de pelo menos dois mm visível externamente ao tegumento.

No bioensaio de desenvolvimento de plântulas, ao final de um período de seis dias determinou-se o comprimento de radícula, o comprimento de hipocótilo e a massa seca das plântulas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Por contrastes, fez-se a comparação das testemunhas com os extratos de sorgo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação e a velocidade de germinação de sementes não foram afetadas pelos extratos de

sorgo, o mesmo foi observado para comprimento de hipocótilo e massa seca das plântulas de soja. Ao contrário, a interação híbridos x partes da planta foi significativa para comprimento de radícula, indicando que as partes da planta não mostraram o mesmo desempenho em relação a cada híbrido de sorgo.

Em bioensaios desta natureza, percebe-se que, comparada à parte aérea das plântulas, a absorção e, conseqüentemente, a concentração de fitotoxinas nos tecidos radiculares é favorecida, isto devido ao contato físico da radícula com o papel-filtro, o que a expôs diretamente ao extrato aquoso. A capacidade de translocação do aleloquímico da raiz para a parte aérea e o mecanismo de ação do mesmo também devem ser considerados. O sítio de ação do fitoquímico pode não estar relacionado à inibição da divisão celular do eixo embrionário, resultando na ausência de efeito sobre a germinação de sementes. Desta forma, a bioatividade de extratos aquosos estaria condicionada à capacidade de absorção, translocação e mecanismo de ação dos seus compostos potencialmente alelopáticos.

Para comprimento de radícula, constatou-se que as testemunhas diferiram significativamente dos extratos de sorgo. Através da comparação do valor médio obtido para os extratos de folhas, caules e raízes dos cinco híbridos de sorgo com os tratamentos adicionais (Tabela 1), observou-se que as plântulas de soja tratadas com os extratos apresentaram menor radícula em relação às plântulas testemunhas. Os tratamentos água destilada e água destilada com pH ajustado para 6,0 proporcionaram maior média, não diferindo significativamente dos demais tratamentos estabelecidos como testemunhas.

Pela análise de contrastes, verificou-se que os tratamentos água destilada, água destilada com pH

Tabela 1 - Comprimento de radícula das plântulas de soja avaliado 6 dias após serem submetidas aos extratos de sorgo e aos tratamentos estabelecidos como testemunhas. UNESP/Campus de Jaboticabal, SP. 2002.

Tratamentos	Comprimento de radícula (cm)
Extratos de sorgo ¹	5,2613 b ²
Água destilada (com pH 8,0)	8,5125 a
Água destilada ajustada para pH 4,5	6,5725 ab
Água destilada ajustada para pH 6,0	8,4375 a
Solução de polietilenoglicol (PEG)	6,9250 ab
DMS	2,2757
CV (%)	14,13

¹Valor médio obtido para os extratos de folhas, caules e raízes dos cinco híbridos de sorgo.

²Médias não seguidas pela mesma letra diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

ajustado para 6,0 e extrato de raiz do DKB599, não diferiram significativamente entre si e resultaram nas maiores radículas. As testemunhas água destilada com pH ajustado para 4,5 e potencial osmótico de 0,1 MPa, e os extratos de raízes dos híbridos SARA e XBG00478, apresentaram médias estatisticamente similares, com valores inferiores aos tratamentos água destilada, água destilada com pH ajustado para 6,0 e extrato de raiz do DKB599, no entanto, superiores aos outros tratamentos não mencionados.

Quanto ao desdobramento da interação híbridos x partes da planta, constatou-se que o extrato de folhas do XBG00478 inibiu o alongamento de radícula das plântulas de soja, diferindo do SARA. No entanto, quando usado extratos de caule, o SARA resultou em menor radícula de soja, diferindo do XBG00478. Por outro lado, os extratos de raízes dos híbridos SARA, DKB860, XBG00478 e XBG06020 proporcionaram menores comprimentos de radículas, diferindo apenas do DKB599 (Tabela 2).

Verificou-se, também, que os extratos de folha dos híbridos DKB860 e XBG00478 inibiram o crescimento da radícula de soja em 54%, diferindo dos efeitos dos extratos de raiz e caule, enquanto para DKB599, XBG06020 e SARA, não houve diferença estatística significativa entre os extratos de folha e caule, com redução média de 39% no alongamento de radícula em relação aos extratos de raízes (Tabela 2).

Pode ser observado na Tabela 3, que não houve uma variação contrastante no potencial osmótico dos extratos de sorgo, ao contrário dos valores observados para condutividade elétrica e pH, no entanto, os mesmos encontram-se fora dos limites prejudiciais à germinação e ao desenvolvimento de plântulas (EVERITT et al., 1983; SOUZA FILHO et al., 1996; EBERLEIN, 1987).

Relacionando os pHs dos extratos de raízes dos híbridos SARA, DKB860, XBG00478 e XBG06020, com valor médio de 4,7 (Tabela 3), com os respectivos comprimentos de radículas de soja obtidos (Tabela 2), vê-se que estes extratos não inibiram o alongamento de radícula da mesma forma que os extratos de folha e caule, que apresentaram pH médio de 5,9 e 5,6, respectivamente.

Pode ser observado na figura 1, a correlação não significativa ($r = -0,39$) entre os valores de pH dos extratos de sorgo e os comprimentos de radículas de soja, assim como a correlação, também, não significativa ($r = 0,36$) entre o potencial osmótico dos extratos e os comprimentos radiculares. O que comprova a não dependência entre estas variáveis, podendo-se concluir que os resultados obtidos no crescimento radicular não estão relacionados ao pH ou potencial osmótico dos extratos de sorgo, e sim, a características alelopáticas inerentes a cada híbrido de sorgo e a cada parte da planta estudados.

Constatou-se variabilidade no potencial alelopático dos híbridos de sorgo estudados, o mesmo foi observado por BEN-HAMMOUDA et al. (1995a); BEN-HAMMOUDA et al. (1995b); SANTOS (1996); NIMBAL et al. (1996); WESTON et al. (1997); FERREIRA (1998). Esta variabilidade, observada entre os genótipos, na inibição do crescimento radicular de plântulas de soja, pode estar associada à concentração e composição de substâncias alelopáticas nos tecidos vegetais de cada híbrido. Oito ácidos fenólicos e três aldeídos foram identificados nas partes vegetativas de sorgo, sendo o *p*-hidroxibenzoico, o *p*-cumárico e o ácido ferúlico os mais abundantes (SENE et al., 2001). Outras fitotoxinas exsudadas de raízes de sorgo foram descritas, incluindo o sorgoleone (NETZLY & BUTLER, 1986). Este exsudato radicular consiste de

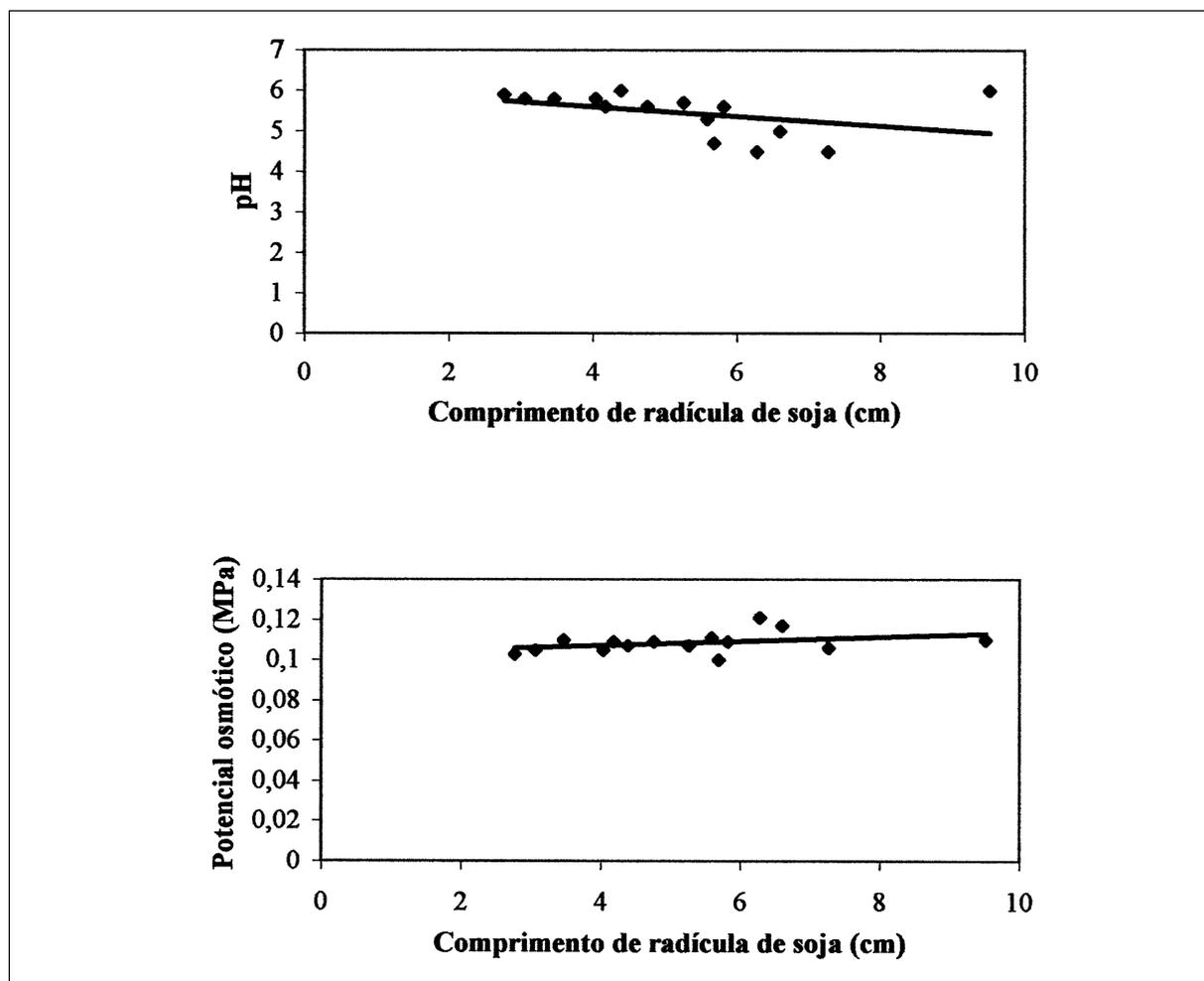
Tabela 2 - Comprimento de radícula (cm) das plântulas de soja avaliado 6 dias após tratamento com extratos aquosos das folhas, caules e raízes de cinco híbridos de sorgo. UNESP/Campus de Jaboticabal, SP. 2002.

Híbridos de sorgo	Partes da planta					
	Folha		Caule		Raiz	
SARA	4,3875	a ¹ B	4,1775	b B	6,2825	b A
DKB860	3,0600	ab C	5,5850	ab B	7,2675	b A
DKB599	4,0350	ab B	5,2575	ab B	9,5150	a A
XBG00478	2,7675	b B	5,8200	a A	6,6025	b A
XBG06020	3,4650	ab B	4,7550	ab AB	5,6850	b A
DMS (1)			1,6156			
DMS (2)			1,3774			
CV (%)			15,28			

¹Médias não seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. DMS (1) para comparação na coluna e DMS (2) para comparação na linha.

Tabela 3 - Valores de pH, potencial osmótico e condutividade elétrica nos diferentes extratos aquosos de sorgo. UNESP/Campus de Jaboticabal, SP. 2002.

Híbridos de sorgo	Partes da planta	pH	Potencial osmótico (MPa)	Condutividade (mmHo)
SARA	Folha	6,0	0,107	2,14
	Caule	5,6	0,109	3,52
	Raiz	4,5	0,121	1,00
DKB860	Folha	5,8	0,105	2,04
	Caule	5,3	0,111	2,92
	Raiz	4,5	0,106	1,17
DKB599	Folha	5,8	0,105	2,11
	Caule	5,7	0,107	3,15
	Raiz	6,0	0,110	1,29
XBG00478	Folha	5,9	0,103	1,96
	Caule	5,6	0,109	3,07
	Raiz	5,0	0,117	1,25
XBG06020	Folha	5,8	0,110	2,44
	Caule	5,6	0,109	4,02
	Raiz	4,7	0,100	1,27

Figura 1 - Correlação dos comprimentos de radículas de soja e pH ($r = -0,39$) ou potencial osmótico ($r = 0,36$) dos extratos de sorgo. UNESP/Campus de Jaboticabal, SP. 2002.

de uma dihidroquinona que é rapidamente oxidada a uma *p*-benzoquinona (EINHELLIG & SOUZA, 1992). A ação alelopática provocada pelo sorgoleone parece estar associada à ação combinada deste aleloquímico sobre a fotossíntese e a respiração celular (ANAYA, 1999). O sorgoleone também pode inibir a enzima *p*-hidroxifenilpiruvato dioxigenase, a qual é necessária para a síntese de plastoquinona (MEAZZA et al., 2002).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que os extratos aquosos de sorgo não interferem na germinação, na velocidade de germinação, no comprimento de hipocótilo e na massa seca das plântulas de soja. Os híbridos e as partes da planta doadora de sorgo comportam-se de forma dependente para o crescimento radicular das plântulas de soja. Os extratos de folhas do XBG00478 e do DKB 860, assim como os extratos de caule do SARA, promovem maior inibição do comprimento de radícula de soja. O potencial osmótico e o pH dos extratos de sorgo não afetam o crescimento radicular de soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAYA, A.L. Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.18, n.6, p.697-739, 1999.
- BEN-HAMMOUDA, M. et al. Phytotoxicity of extracts from sorghum plant components on wheat seedlings. **Crop Science**, v.35, n.6, p.1652-1656, 1995a.
- BEN-HAMMOUDA, M. et al. A chemical basis for differential allelopathic potential of sorghum hybrids on wheat. **Journal of Chemical Ecology**, v.21, n.6, p.775-786, 1995b.
- EBERLEIN, C.V. Germination of *Sorghum alnum* seeds and longevity in soil. **Weed Science**, v.35, p.796-801, 1987.
- EINHELLIG, F.A.; SOUZA, I.F. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain – sorghum root exudates. **Journal of Chemical Ecology**, v.18, n.1, p.1-11, 1992.
- EVERITT, J.H. et al. Seed germination characteristics of *Kochia scoparia*. **Journal Range Management**, v.36, n.5, p.646-648, 1983.
- FERREIRA, M.L. **Síntese e avaliação herbicida de quinonas**. 1998. 151f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Curso de Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa.
- MEAZZA, G. et al. The inhibitory activity of natural products of plant *p*-hydroxyphenylpyruvate dioxigenase. **Phytochemistry**, v.60, p.281-288, 2002.
- NETZLY, D.H.; BUTLER, L.G. Roots of sorghum exudate hydrophobic droplets containing biologically active components. **Crop Science**, v.26, p.775-778, 1986.
- NIMBAL, C.I. et al. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.1343-1347, 1996.
- PEIXOTO, M.F.; SOUZA, I.F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine Max* (L.) Merril) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.2, p.252-258, 2002.
- RICE, E.L. **Allelopathy**. 2.ed. Orlando : Academic, 1984. 422p.
- SANTOS, O.G. **Alelopatia de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*) em sistemas de cultivos de hortaliças**. 1996. 27f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade de Brasília.
- SENE, M. et al. Phenolic compounds in a Sahelian sorghum (*Sorghum bicolor*) genotype (ce(145-66)) and associated soils. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, n.1, p.81-92, 2001.
- SOUZA FILHO, A.P. da et al. Efeitos de extratos aquosos de assa-peixe sobre a germinação de três espécies de braquiária. **Planta Daninha**, v.14, n.2, 1996.
- WARDLE, D. A. et al. Allelopathic influence of nodding thistle (*Cardus nutans* L.) seed on germination and radicle growth of pasture plants. **New Zealand Journal Agriculture Research**, v.34, n.2, p.185-191, 1991.
- WESTON, L.A. et al. Activity and persistence of sorgoleone, a long – chain hydroquinone produced by *Sorghum bicolor*. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE: Weeds, 1997, Brighton. **Proceedings...** Brighton, UK, British Crop Protection Council Ield. 1997. v.2, p.509-516.