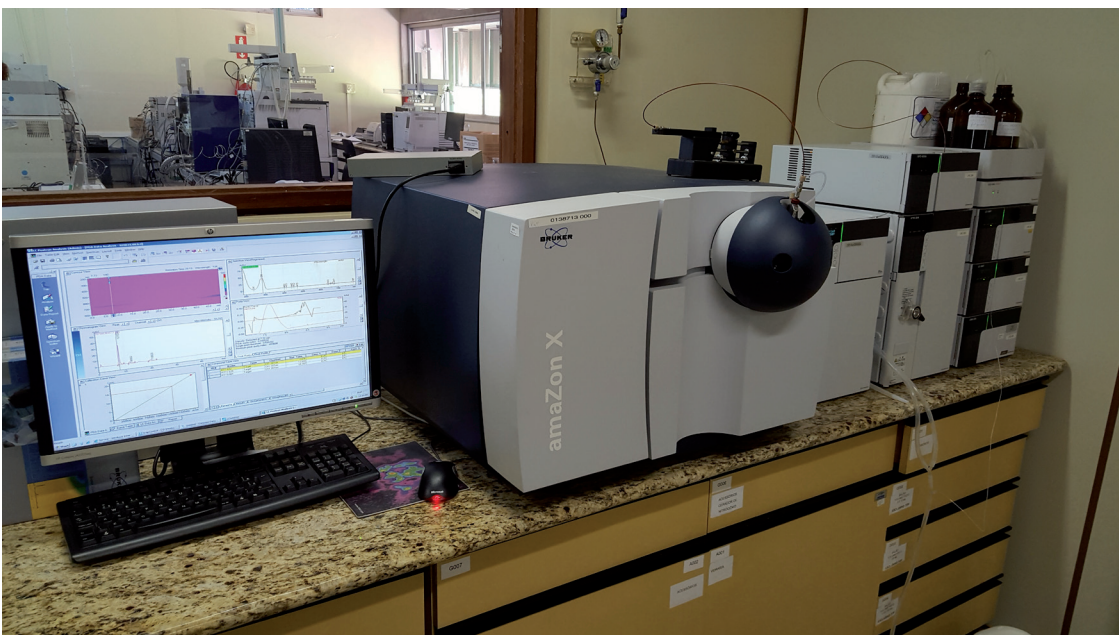


## Avaliação do Teor de Sorgoleone Presente em Extratos de Raízes de Cultivares de Sorgo por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC)



ISSN 1679-0154  
Dezembro 2016

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 145**

## **Avaliação do Teor de Sorgoleone Presente em Extratos de Raízes de Cultivares de Sorgo por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC)**

Andre May  
Antônio Luiz Cerdeira  
Sonia Cláudia do Nascimento de Queiroz  
Michelli de Souza dos Santos  
Natália Corniani  
Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva

Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG  
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges

Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso

Campanha, Roberto dos Santos Trindade, Rosângela Lacerda de

Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: André May

**1ª edição**

**Versão Eletrônica (2016)**

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Milho e Sorgo**

---

Avaliação do teor de sorgoleone presente em extratos de raízes de cultivares de sorgo por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) / André May... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

21 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 145).

1. *Sorghum bicolor*. 2. Efeito alelopático. 3. Raiz. 4. Variedade.  
I. May, André. II. Série.

CDD 633.174 (21. ed.)

---

© Embrapa 2016

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	4
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Introdução</b> .....	7
<b>Material e Métodos</b> .....	9
<b>Resultados e Discussão</b> .....	11
<b>Conclusão</b> .....	17
<b>Agradecimentos</b> .....	18
<b>Referências</b> .....	18

# **Avaliação do Teor de Sorgoleone Presente em Extratos de Raízes de Cultivares de Sorgo por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC)**

**Andre May<sup>1</sup>**

**Antônio Luiz Cerdeira<sup>2</sup>**

**Sonia Cláudia do Nascimento de Queiroz<sup>3</sup>**

**Michelli de Souza dos Santos<sup>4</sup>**

**Natália Corniani<sup>5</sup>**

**Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva<sup>6</sup>**

## **Resumo**

Considerando a importância da cultura do sorgo no Brasil e sua conhecida atividade alelopática, este estudo objetivou avaliar as concentrações de sorgoleone presentes em raízes de cultivares de sorgo. O experimento foi realizado na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna-SP. O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com 3 repetições. As cultivares de sorgo estudadas foram BRS 716, BRS 511, AG 1080, CR 1339, CR 1350, CR 1108, CR 1113, CR 1342 e CR 1010, pertencentes a diferentes empresas e tipos de sorgo (granífero, sacarino e biomassa). As concentrações de sorgoleone nos exsudados das raízes de sorgo foram

<sup>1</sup>Eng.-Agrôn., D.Sc em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, CP 151, CEP 35702-098, Sete Lagoas-MG, andre.may@embrapa.br

<sup>2</sup>Eng.-Agrôn., Ph.D ,Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 1275, Bairro Tanquinho Velho, CEP 13.820-000, Jaguariuna-SP, antonio.cerdeira@embrapa.br

<sup>3</sup>Química, PhD em Química, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 1275 - 13.820-000, Jaguariuna-SP, sonia.queiroz@embrapa.br

<sup>4</sup>Bolsista, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariuna-SP, michellisantos30@hotmail.com

<sup>5</sup>Bióloga, PhD em Proteção Vegetal, CABI, Fazenda Lageado, Botucatu,SP, n.corniani@cabi.org

<sup>6</sup>Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, USP/ESALQ, Piracicaba-SP, ehfmsilva@usp.br

quantificadas utilizando-se um aparelho de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC). Os resultados do teste de probabilidade mostraram que as quantidades de sorgoleone encontradas nas raízes de sorgo variaram em função da cultivar estudada. A produção de sorgoleone variou de 32,64 mg g<sup>-1</sup> de extrato, na cultivar de sorgo biomassa BRS 716, até 615,31 mg g<sup>-1</sup>, na cultivar de sorgo biomassa CR1342. Assim, concluiu-se que a concentração de sorgoleone nas raízes de sorgo varia conforme a cultivar.

**Palavras-chave:** efeito alelopático, exsudados, *Sorghum bicolor*

# Evaluation of Sorgoleone Content Present in Extract of Sorghum Roots by High-performance Liquid Chromatography (HPLC)

*Andre May<sup>1</sup>*

*Antônio Luiz Cerdeira<sup>2</sup>*

*Sonia Cláudia do Nascimento de Queiroz<sup>3</sup>*

*Michelli de Souza dos Santos<sup>4</sup>*

*Natália Cornian<sup>5</sup>*

*Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva<sup>6</sup>*

## Abstract

Considering the importance of sorghum crop in Brazil and its known allelopathic activity, this study aimed to evaluate the concentration levels of sorgoleone present in the roots of sorghum cultivars. The experiment was conducted at Embrapa Environment, in Jaguariúna, São Paulo, Brazil. The experimental design was randomized blocks, with three replicates. Sorghum cultivars were BRS 716, BRS 511, AG 1080 CR 1339, CR 1350, CR 1108, CR 1113, CR 1342 and CR 1010, from different companies and types of sorghum (grain production, saccharine and biomass). The sorgoleone concentrations in root exudates of sorghum were quantified using a High Performance Liquid Chromatography (HPLC) apparatus. The results of the probability test showed that the amounts of sorgoleone found in sorghum roots ranged according to the cultivar studied. The concentration of sorgoleone in the extracts ranged from 32.64 mg g<sup>-1</sup>, in sorghum biomass cultivar BRS 716, to 615.31 mg g<sup>-1</sup> in sorghum biomass cultivar CR1342. Thus, it was concluded

that the concentration of sorgoleone in sorghum roots varies according to the type of sorghum cultivar.

**Keyword:** allelopathic effect, exudates, *Sorghum bicolor*

## Introdução

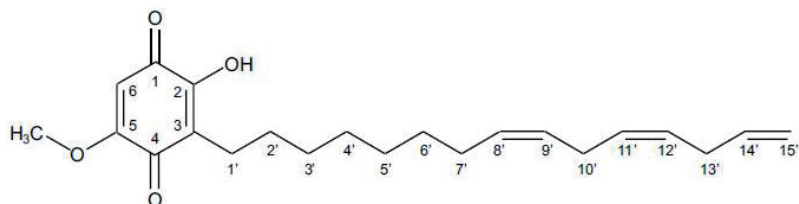
A cultura do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] originou-se na África e Ásia, foi inserida no Brasil no início do século XX, e é muito utilizada para a produção de grãos e forragem. Atualmente, é o quinto cereal mais importante do mundo, sendo utilizado como alimento humano na África, no Sul da Ásia e na América Central, e como alimento animal nos Estados Unidos, na Austrália e na América do Sul (SANTOS, 2003).

O sorgo é uma planta do tipo C4, de dias curtos, com alta taxa fotossintética e boa tolerância ao déficit hídrico. Normalmente, a cultura do sorgo granífero é plantada em sistema de “safrinha” em sucessão a soja (MAGALHÃES et al., 2009; CORREIA et al., 2005).

As plantas de sorgo possuem a capacidade de liberar compostos aleloquímicos que podem ser encontrados em sementes, raízes, colmos e folhas em quantidade variáveis. As raízes de sorgo exsudam uma substância designada sorgoleone (2-hidroxi-5-metoxi-3-[(Z,Z)-8',11',14'-pentadecatrieno]-p-benzoquinona) (Figura 1), caracterizado como uma quinona, inicialmente identificada por Chang et al. (1986). Segundo Gonzalez et al. (1997), essa substância interfere na transferência de elétrons no fotossistema II, agindo no mesmo local do grupo de herbicidas da Atrazina e DCMU.



Segundo Olibone et al. (2006), os plantios de soja realizados após o cultivo de sorgo podem apresentar efeito negativo no estabelecimento do estande de plantas e no desenvolvimento inicial. Provavelmente esse efeito é devido aos compostos alelopáticos lançados pela decomposição da palha do sorgo cultivado anteriormente. Os mesmos autores verificaram um efeito depressivo da palha do sorgo-de-guiné no comprimento radicular acumulado da soja, sofrendo redução máxima de 61,6%.



**Figura 1.** Estrutura do sorgoleone (2-hidroxi-5-metoxi-3-[(Z,Z)-8',11',14'-pentadecatrieno]-*p*-benzoquinona).

Einhellig e Ramussen (1989) verificaram que a biomassa da parte aérea de plantas daninhas presentes em plantios sucessivos de sorgo granífero foi sendo significativamente reduzida, a partir do segundo ano de cultivo da espécie, principalmente em comparação à soja e ao milho, sendo até 66% menor que nas demais culturas estudadas, permitindo inferir que o sorgo tem efeito supressor do desenvolvimento de plantas daninhas em sucessão ao seu cultivo.

Segundo Correia et al. (2005), realizando estudos com sementes de soja em placas de Petri expostas a extratos de sorgo (concentração de 3g de extrato para 100 ml de água) de partes de plantas de cinco cultivares (SARA, DKB860, DKB599, XBG00478 e XBG06020), as radículas de soja apresentavam

comprimento diferente dependendo da cultivar e da parte da planta do sorgo estudada.

Segundo Sene et al. (2000), em bioensaios realizados no Senegal, o sorgo pode reduzir a germinação de amendoim em 30 a 65% em relação à testemunha. Pela sua maior sensibilidade aos aleloquímicos, a alface é amplamente utilizada como receptor em estudos de alelopatia. Assim, Trezzi et al. (2005), em experimentos realizados com a cultura, verificaram que raízes de alface expostas a sorgoleone podem ter seu crescimento afetado, sendo observado que incrementos de 100 ppm na concentração de sorgoleone podem resultar na diminuição de até 0,17 cm no comprimento das raízes da espécie; também com reflexos no desenvolvimento da parte aérea da planta, reduzindo em 0,5 cm quando se utiliza a concentração de 277,4 ppm de sorgoleone.

Desse modo, considerando a importância da cultura do sorgo no Brasil e sua conhecida atividade alelopática, este estudo objetivou avaliar a concentração de sorgoleone presente em raízes de cultivares de sorgo.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna-SP. O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com 3 repetições. As cultivares estudadas foram BRS 716 (híbrido de sorgo biomassa, Embrapa), BRS 511 (variedade de sorgo sacarino, Embrapa), AG 1080 (híbrido de sorgo granífero, Agroceres), CR 1339 (híbrido de sorgo sacarino, Ceres), CR 1350 (híbrido de sorgo sacarino, Ceres), CR 1108 (híbrido de sorgo sacarino,

Ceres), CR 1113 (híbrido de sorgo sacarino, Ceres), CR 1342 (híbrido de sorgo biomassa, Ceres) e CR 1010 (híbrido de sorgo biomassa, Ceres).

As sementes de sorgo de cada cultivar estudada, equivalentes a 25 sementes por cultivar, foram depositadas em placas de Petri, com as dimensões de 9 cm de diâmetro e 2 cm de altura; forradas com duas folhas de papel-filtro autoclavadas a 120 °C por uma hora; adicionando-se 3 ml de água destilada; sendo mantidas em câmara de germinação, com a temperatura ajustada para 30 °C, no escuro, pelo período de cinco dias.

Após esse período, as raízes de sorgo foram destacadas da parte aérea e pesadas, para determinação da massa seca. Para a extração de sorgoleone, as raízes frescas das plântulas de sorgo foram mergulhadas em 100 ml de clorofórmio puro, durante 6 minutos, utilizando um béquer de vidro. A solução resultante foi filtrada em funil de Buckner, com o uso de papel-filtro, para um balão volumétrico, com capacidade de 250 ml. Posteriormente, o solvente foi evaporado com o auxílio de um evaporador rotatório mantido a 40 °C. O material restante no balão foi ressuspenso com clorofórmio puro, e a solução resultante, retirada com pipeta de Pasteur, sendo transferida para frascos de vidros de 10 mL, devidamente pesados antes da transferência da solução resultante. Para a evaporação total do solvente foi utilizado fluxo de nitrogênio. Por fim, o extrato foi pesado, visando-se determinar a massa seca do extrato produzido pelas raízes de sorgo.

Para determinar a quantidade de sorgoleone nos extratos obtidos foi necessário um padrão analítico conhecido, cedido pelo Dr. Franck E. Dayan, United States Department

of Agriculture (USDA), Natural Products Utilization Research Unit, (NPURU) Oxford-MS, EUA. A partir do padrão analítico fornecido foi desenvolvido um método analítico no Laboratório de Resíduos e Contaminantes da Embrapa Meio Ambiente para se determinar a quantidade de sorgoleone presente nos extratos obtidos.

O sorgoleone exsudado das raízes de sorgo foi quantificado utilizando-se um aparelho de HPLC (High Performance Liquid Chromatography) Shimadzu, equipado com uma bomba quaternária (modelo LC-20AT), autoamostrador (modelo SIL-20 AC), degaseificador (modelo DGU-20As) e detector espectrofotométrico de absorção no UV/Vis de comprimento de onda variável (modelo SPD-M20A). A coluna utilizada foi da Agilent, Zorbax Eclipse XDB, C18, 2,1 x 150 mm, 5  $\mu\text{m}$  de diâmetro da partícula. Uma solução de 1 mg mL<sup>-1</sup> de extrato foi preparada em 70% de metanol, sendo acidificada com 30% de ácido acético a 2,5%, na taxa de 0,7 ml min<sup>-1</sup>. O volume de injeção foi de 25  $\mu\text{l}$ , com tempo de corrida de 50 minutos e detecção em 287 nm.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias das quantidades de sorgoleone encontradas nas raízes das cultivares de sorgo foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

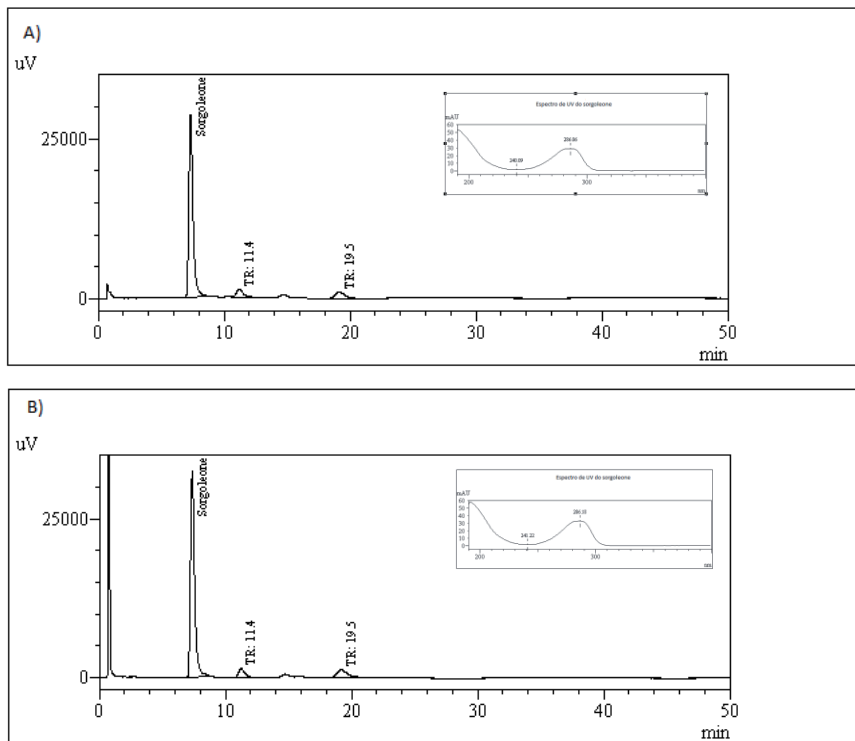
## **Resultados e Discussão**

Para garantir que um novo método analítico seja capaz de gerar informações confiáveis e interpretáveis, ele deve ser submetido a uma série de estudos experimentais denominados validação. Assim, foram avaliados os seguintes parâmetros: linearidade,

obtida na faixa de 0,25 a 20,00  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , apresentando coeficiente de determinação ( $r^2$ )  $\geq 0,9995$ ; Limite de Detecção do aparelho (LOD), determinado mediante o cálculo de 3X o sinal/ruído, igual a 0,25  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ; o Limite de Quantificação (LOQ), determinado mediante o cálculo de 10X o sinal/ruído, foi igual a 0,5  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Considera-se que valores entre o LOD e LOQ são detectados, mas não quantificados, e acima de LOQ são quantificados. A confirmação da presença do sorgoleone foi obtida através do tempo de retenção e por comparação do espectro de UV, conforme mostrado na Figura 2. Pode-se observar também que os picos cromatográficos estão bem resolvidos e, portanto, com adequada separação entre os componentes da amostra.

Dessa forma, os resultados da análise de cromatografia no HPLC mostraram que o exsudado das raízes de cultivares de sorgo contém sorgoleone, conforme pode se observar na Figura 2.

Várias espécies de sorgo apresentam interferência alelopática ao desenvolvimento de plantas daninhas ou de outras culturas (CZARNOTA et al., 2001; DAYAN et al., 2006). Esta substância possui uma meia-vida longa, persistindo no solo e afetando muitos alvos celulares por longos períodos de tempo fazendo dela uma excelente alternativa natural frente aos herbicidas sintéticos (BAERSON et al., 2008; BARBOSA et al., 2010).



**Figura 2.** Cromatogramas: A) Padrão analítico do sorgoleone gerado na concentração de  $7,5 \mu\text{g mL}^{-1}$ . B) Exudado da raiz de sorgo (cultivar AG 1080).

As médias das massas de extratos dos exudatos por massa fresca de raízes de sorgo, nas diferentes cultivares, estão apresentadas na Tabela 1. Os resultados do teste de probabilidade mostraram que a quantidade de extrato obtida variou em função da cultivar estudada. A produção de extrato variou de 5,03 mg g<sup>-1</sup>, na cultivar de sorgo sacarino BRS 511, até 10,60 mg g<sup>-1</sup> na cultivar de sorgo biomassa BRS 716. A partir dos resultados, não foi observada correlação entre quantidade de extrato produzida, tipo de sorgo e empresa.

**Tabela 1.** Massas de extratos por g de massa seca de raiz (mg g<sup>-1</sup>) das cultivares de sorgo estudadas.

Cultivares	Empresa	Tipo de sorgo	Massa de extratos (mg g <sup>-1</sup> )
BRS 716	Embrapa	Biomassa	10,60** a
CR 1342	Ceres	Biomassa	9,38 ab
CR 1339	Ceres	Sacarino	9,23 ab
CR 1113	Ceres	Sacarino	7,23 bc
CR 1108	Ceres	Sacarino	7,13 bc
AG 1080	Agrocerec	Granífero	7,08 bc
CR 1350	Ceres	Sacarino	6,22 c
CR 1010	Ceres	Biomassa	6,56 bc
BRS 511	Embrapa	Sacarino	5,03 c
Média			8,45
D.m.s.			2,90
Coefficiente de Variação (%)			13,32
F Calculado			9,15
Probabilidade de F			<0,001

\* significativo a 1% pelo Teste F. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados do teste de probabilidade mostraram que a quantidade de sorgoleone encontrada nas raízes de sorgo variou em função da cultivar estudada. A produção de sorgoleone variou de 32,64 mg g<sup>-1</sup>, na cultivar de sorgo biomassa BRS 716, até 615,31 mg g<sup>-1</sup>, na cultivar de sorgo biomassa CR1342 (Tabela 2).

Hess et al. (1992) avaliaram 12 genótipos de sorgo e Rodrigues et al. (2001) trataram 10 genótipos, mas não verificaram variabilidade entre eles na produção total de sorgoleone. A produção de sorgoleone, no entanto, é sensível às condições do ambiente, particularmente à quantidade de água disponível para as radículas no substrato (HESS et al., 1992).

Por outro lado, em estudo realizado por Uddin et al. (2009), com 17 cultivares de sorgo, verificou-se que a quantidade de sorgoleone encontrada nas raízes também variou de acordo com a cultivar, sendo que a faixa de sorgoleone encontrada apresentou-se entre 0,41 e 6,98 µg mg<sup>-1</sup> de raízes frescas. Variações consideráveis nas quantidades totais de extratos também foram obtidas por Nimbai et al. (1996), que, experimentando 25 genótipos de sorgo, encontraram variações do teor de sorgoleone de 0,67 a 17,8 mg g<sup>-1</sup> de raízes. Já Ferreira et al. (1999) obtiveram uma variação de 11,0 a 16,2 mg g<sup>-1</sup>, quando analisaram 6 genótipos de sorgo, denotando que a quantidade de sorgoleone presente em raízes de cultivares de sorgo é variável em função da sua composição genética e da interação com o ambiente de cultivo.



**Tabela 2.** Teores de sorgoleone na massa seca de raízes ( $\text{mg g}^{-1}$ ) encontrados nos exsudatos hidrofóbicos das raízes das cultivares de sorgo estudadas.

Cultivares	Empresa	Tipo de sorgo	Teor de Sorgoleone ( $\text{mg g}^{-1}$ )
CR 1342	Ceres	Biomassa	615,31*a
AG 1080	Agroceres	Granífero	515,44 a
CR 1010	Ceres	Biomassa	514,49 a
CR 1350	Ceres	Sacarino	400,79 ab
CR 1113	Ceres	Sacarino	275,46 bc
CR 1339	Ceres	Sacarino	221,47 bcd
CR 1108	Ceres	Sacarino	85,56 cd
BRS 511	Embrapa	Sacarino	79,53 cd
BRS 716	Embrapa	Biomassa	32,64 d
Média			374,47
D.m.s			214,67
Coefficiente de Variação (%)			24,62
F Calculado			25,00
Probabilidade de F			<0,001

\* significativo a 1% pelo Teste F. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A mineralização de sorgoleone no solo ainda não é tão clara, sendo dependente do tipo de solo, da microbiota presente, e da quantidade da molécula existente (Gimsing et al., 2009). A liberação desse composto no solo pode prejudicar inúmeras plantas daninhas e culturas, e, por isso, há a necessidade do conhecimento acerca da quantidade de sorgoleone liberada pelas cultivares de sorgo.

Uddin et al. (2009, 2012) verificaram que a massa das raízes diminuiu com o aumento da concentração de sorgoleone na solução aplicada. Esses últimos autores retrataram que, com a aplicação de sorgoleone a  $200 \mu\text{g mL}^{-1}$ , as espécies *Rumex japonicus* e *Galium spurium* foram completamente suprimidas. Trezzi et al. (2005) também verificaram o mesmo comportamento, mas em raízes de alface.

As maiores concentrações de sorgoleone encontradas no estudo foram das cultivares CR 1342, AG 1080, CR 1010 e CR 1350, caracterizadas como sendo cultivares do tipo sacarino, granífero e biomassa (Tabela 2). No entanto, a menor quantidade de sorgoleone também foi encontrada em cultivares do tipo sacarino e biomassa, BRS 511 e BRS 716, respectivamente. Desse modo, pode-se verificar que o tipo de sorgo não caracteriza a quantidade de sorgoleone presente em suas raízes, podendo ser variável entre empresas, para um mesmo tipo de sorgo cultivado, provavelmente em função dos parentais utilizados para a produção do material genético.

## Conclusão

A concentração de sorgoleone nas raízes de sorgo das cultivares (BRS 716, BRS 511, AG 1080, CR 1339, CR 1350, CR 1108, CR 1113, CR 1342 e CR 1010) variou de  $32,64 \text{ mg g}^{-1}$  a  $615,31 \text{ mg g}^{-1}$  de massa seca de raiz, independentemente do tipo de sorgo cultivado.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa Ceres pelo apoio financeiro às pesquisas realizadas e ao Sr. Marley Mendonça Tavares pelo apoio técnico.

## Referências

BAERSON, S. R.; DAYAN, F. E.; RIMANDO, A. M.; NANAYAKKARA, N. P.; LIU, C. J.; SCHRÖDER, J.; FISHBEIN, M.; PAN, Z.; KAGAN, I. A.; PRATT, L. H.; CORDONNIER-PRATT, M. M.; DUKE, S. O. A functional genomics investigation of allelochemical biosynthesis in *Sorghum bicolor* root hairs. **The Journal of Biological Chemistry**, Maryland, v. 283, n. 6, p. 3231-3247, 2008.

BARBOSA, L. C.; PEREIRA, U. A.; MALTHA, C. R.; TEIXEIRA, R. R.; VALENTE, V. M.; FERREIRA JR., O.; COSTA-LOTUFO, L. V.; MORAES, M. O.; PESSOA, C. Synthesis and biological evaluation of 2,5-Bis (alkylamino)-1,4-benzoquinones. **Molecules**, Switzerland, v. 15, p. 5629-5643, 2010.

CHANG, M.; NETZLY, D. H.; BUTLER, L. G.; LYNN, D. G. Chemical regulation of the first natural host germination stimulant for *Striga asiatica*. **Journal of the American Chemical Society**, v. 108, n. 24, p. 7858-7860, 1986.

CORREIA, N. M.; CENTURION, M. A. P. C.; ALVES, P. L. C. A. Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 498-503, 2005.

CZARNOTA, M. A.; PAUL, R. N.; DAYAN, F. E.; NIMBAL, C. I.; WESTON, L. A. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: a potent PSII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. **Weed Technology**, Champaign, v. 15, p. 813-825, 2001.

DAYAN, F. E. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. **Planta**, Berlin, v. 224, p. 339-346, 2006.

EINHELLIG, F. A.; RAMUSSEN, J. A. Prior cropping with grain *Sorghum* inhibits weeds. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 15, n. 2, p. 951-960, 1989.

FERREIRA, M. L.; BARBOSA, L. C. A.; DEMUNER, A. J.; SILVA, A. A.; WAKIL, J. Análise e quantificação da sorgoleona em diferentes cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 565-570, 1999.

GIMSING, A. L.; BLUM, J.; DAYAN, F. E.; LOCKE, M. A.; SEJERO, L. H.; JACOBSEN, C. S. Mineralization of the allelochemical sorgoleone in soil. **Chemosphere**, Oxford, v. 76, p. 1041-1047, 2009.

GONZALEZ, V. M.; KAZIMIR, J.; NIMBAL, C.; WESTON, L. A.; CHENIAE, G. M. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, p. 1415-1421, 1997.

HESS, D. E.; EJETA, G.; BUTLER, L. G. Selecting sorghum genotypes expressing a quantitative biosynthetic trait that

confers resistance to Striga. **Phytochemistry**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 493-497, 1992.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2).

NIMBAL, C. I.; PEDERSEN, J. F.; YERKES, C. N.; WESTON, L. A.; WELLER, S. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 44, n. 5, p. 1343-1347, 1996.

OLIBONE, D.; CALONEGO, J. C.; PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Crescimento inicial da soja sob efeito de resíduos de sorgo. **Planta daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 255-261, 2006.

RODRIGUES, J. C.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, R. H. S.; MIRANDA, G. V. Determinação do conteúdo de sorgoleone nos exsudatos radiculares de híbridos de sorgo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 48, n. 275, p. 49-54, 2001.

SANTOS, F. G. dos. **Cultivares de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 3 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 77).

SENE, M.; DORE, T.; PELLISSIER, F. Effect of phenolic acids in soil under and between rows of a prior sorghum (*Sorghum bicolor*) crop on germination, emergence and seedling growth of peanut (*Arachis hypogea*). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 26, n. 3, p. 625-637, 2000.

TREZZI, M. R.; VIDAL, R. A.; KRUSE, N. D. Fitotoxicidade de extratos hidrofóbicos e hidrofílicos de sorgo e milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 25-34, 2005.

UDDIN, M. R.; KIM, Y. K.; PARK, S. U.; PYON, J. Y. Herbicidal activity of sorgoleone from grain sorghum root exudates and its contents among sorghum cultivars. **Korean Journal Weed Science**, v. 29, p. 229-236, 2009.

UDDIN, M. R.; PARK, K. W.; HAN, S. M.; PYON, J. Y.; PARK, S. U. Effects of sorgoleone allelochemical on chlorophyll fluorescence and growth inhibition in weeds. **Allelopathy Journal**, v. 30, n. 1, p. 61-70, 2012.

