

Efeito da aplicação de herbicidas no teor de carotenóides em milho verde.

Sara de Almeida Rios¹; Maria Cristina Dias Paes²; Décio Karam²; Aluizio Borém¹; Carlos Henrique de Paula Pires²; Joana Paula Matias³; Cristiane de Oliveira Lopes⁴

¹ UFV, 36.570-000, Viçosa, MG; ² EMBRAPA-CNPMS, C. Postal 285, 35.701-970, Sete Lagoas, MG; ³ Funcesi, C. Postal 255, 35.900-021, Itabira, MG; ⁴ UFVJM, C. Postal 38, 39.100-000, Diamantina, MG.

RESUMO

Na cultura do milho, o uso de herbicidas é prática de elevada importância para a obtenção de altos rendimentos de grãos, porém, alguns grupos recomendados inibem a biossíntese de carotenóides, trazendo preocupações para programas de melhoramento que visam a obtenção de genótipos de milho com maiores teores desses compostos, cujas propriedades biológicas como precursores de pró-vitamina A e antioxidantes são importantes para a saúde humana. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da aplicação de herbicidas no teor de carotenóides em grãos de milho verde. O plantio foi conduzido em campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa, localizado em Sete Lagoas, MG, no ano agrícola de 2007, utilizando-se o híbrido simples BRS 1030. As aplicações químicas foram feitas com herbicidas pós-emergentes totalizando 5 tratamentos: sem aplicação; foramsulfuron + iodosulfuron-metyl-sodium (40 gha^{-1}); nicosulfuron (20 gha^{-1}); mesotrione (120 gha^{-1}) e tembotrione (100 gha^{-1}). Todos os tratamentos herbicidas constituíram mistura com atrazine a 1000 gha^{-1} . Os grãos verdes foram avaliados quanto aos teores α -caroteno, β -caroteno, luteína, zeaxantina e β -criptoxantina através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A partir dos resultados foram calculados os teores de carotenóides totais (CT), total de carotenóides pró-vitamina A (Pro-VA) e o percentual dos carotenóides em relação a CT. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e duas repetições. A aplicação dos herbicidas em pós-emergência nas doses do estudo não resultaram em reduções nos teores de carotenóides, embora tenham sido detectadas diferenças na composição dos grãos verdes entre os tratamentos para luteína, β -caroteno e α -caroteno. Os resultados permitem concluir que os herbicidas mesotrione, tembotrione, foramsulfuron + iodosulfuron-metyl-sodium e nicosulfuron, recomendados para a cultura do milho, não afetam negativamente a composição de carotenóides em grãos de milho verde.

Palavras-chave: *Zea mays*, milho verde, herbicidas, pós-emergente, carotenóides

ABSTRACT - Effect of herbicides application on carotenoids content in green corn.

In corn cultivation, the use of herbicides is a practice of utmost importance to high yields, however, some herbicides recommended for corn production inhibit carotenoids biosynthesis, bringing concerns for breeding programs that seeks of the generation of corn genotypes with higher levels of carotenoids. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of herbicides in the carotenoids contents in green corn. The trial was carried out at Embrapa Corn and Sorghum National Research Center, located in Sete Lagoas, MG, during the 2007 growing season, using the commercial hybrid BRS 1030. Chemical applications were made with post-emergent herbicides encompassing 5 treatments: control (no application), foramsulfuron + iodosulfuron-metyl-sodium (40 gha^{-1}); nicosulfuron (20 gha^{-1}); mesotrione (120 gha^{-1}) and tembotrione (100 gha^{-1}). All treatments with herbicides constituted mixtures with atrazine at 1000gha^{-1} . Green corn kernels resulted of each treatment were analyzed for α -carotene, β -carotene, lutein, zeaxantina and β -criptoxantin using liquid chromatography in a HPLC system. Total carotenoids, pro-vitamin A carotenoids contents and percent carotenoids related to total carotenoids were calculated using the results of the individual carotenoids. The experimental design was completely randomized with five treatments and two replicates. Herbicides application as pos-emergent in the doses specified in these study did not caused reduction in carotenoids when compared to the control, eventhough differences in lutein, β -carotene and α -carotene in the green kernels were identified among treatments.. This results allow for the conclusion that herbicides of both mesotrione and tembotrione groups, as well as foramsulfuron + iodosulfurom-metyl-sodium and nicosulfuron, which are recommended for corn production, did not affect carotenoids content in green corn.

Keywords: *Zea mays*, green corn, herbicides, pos-emergent, carotenoids

INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas é uma prática de elevada importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola e tão antiga quanto a própria agricultura. Na cultura do milho o uso de herbicidas apresenta-se como uma necessidade de ordem econômica, garantindo rapidez e eficiência no controle das plantas daninhas (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003; NICOLAI, 2004). Porém, alguns grupos químicos recomendados para a cultura, a exemplo das triquetonas, atuam inibindo a biossíntese de carotenóides (KARAM e CRUZ, 2004), por meio do efeito indireto causado

pela depleção do co-fator da enzima fitoeno desidrogenase, catalizadora da reação de conversão do fitoeno em fitoflueno, necessário à produção de licopeno, precursor dos carotenóides presentes no milho (SCHULZ *et al.* 1993). Isso pode trazer preocupações para os programas de melhoramento que visem à obtenção de genótipos de milho com maiores teores de carotenóides de importante ação biológica para humanos, como os precursores de pró-vitamina A e os antioxidantes (OLIVEIRA, 1996; HOWE e TANUMIHARDJO, 2006), além daqueles que conferem cor à pele e gema dos ovos de frangos. Isto porque não há disponibilidade de informações sobre o efeito dos herbicidas na composição de carotenóides em grãos de milho. Desta maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da aplicação de herbicidas pós-emergentes no teor de carotenóides em grãos de milho verde.

MATERIAL E MÉTODOS

O plantio foi conduzido em campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa, localizado em Sete Lagoas, MG, no ano agrícola de 2007, utilizando-se o híbrido comercial de milho simples BRS 1030.

As aplicações químicas foram feitas com herbicidas pós-emergentes aos 28 dias pós-germinação (estádios entre V3 e V4), totalizando-se 5 tratamentos: (foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (40 gha^{-1}); nicosulfuron (20 gha^{-1}); mesotrione (120 gha^{-1}) e tembotrione (100 gha^{-1}). Todos os tratamentos herbicidas constituíram mistura com atrazine a 1000 gha^{-1} .

As espigas de milho foram aleatoriamente colhidas em cada parcela experimental no estágio reprodutivo R3, acondicionadas em sacos de papel e imediatamente transferidas ao Laboratório de Qualidade de Grãos e Forragens do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa. Dez espigas por tratamento constituíram a unidade experimental. As espigas foram despalhadas e os grãos foram retirados com auxílio de uma faca inoxidável. A amostra composta das dez unidades experimentais foi quarteirizada (Figura 1) e a alíquota final triturada em liquidificador. As amostras moídas foram transferidas para frascos de vidro, lacrados com filme parafinado e cobertos com papel alumínio, sendo armazenadas em freezer à -20°C , até posteriores análises químicas, que foram realizadas em duplicata.

Os carotenóides foram extraídos em esquema seqüencial de solventes orgânicos e quantificados em técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) conforme protocolo descrito por Kurilich e Juvik (1999). Foram determinados os teores de

a-caroteno, β -caroteno, luteína, zeaxantina e β -criptoxantina. O somatório dessas resultou nos valores de carotenóides totais (CT). Os dados de carotenóides com atividade pró-vitáminica A (Pro-VA) foram obtidos a partir dos resultados de cada carotenóide, por meio da seguinte fórmula : total β -caroteno + $\frac{1}{2}$ total de a-caroteno+ $\frac{1}{2}$ dor total de β -criptoxantina (μgg^{-1}), considerando que a conversão dos dois últimos em retinol, no organismo humano, é metade comparada ao β -caroteno. Além disso, foram determinados os percentuais de contribuição total de cada carotenóide e dos Pro-VA em relação à CT.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e duas repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar 5.0, Ferreira (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições do estudo, a aplicação dos herbicidas pós-emergentes não influenciou a composição de grãos de milho verdes quanto aos teores de zeaxantina, β -criptoxantina, carotenóides totais, carotenóides com atividade pró vitamínica A e os percentuais de luteína e zeaxantina ($p < 0,05$) (Tabelas 1 e 2). Entretanto, o uso de nicosulfuron e tembotrione nas doses de 20 gha^{-1} e 100 gha^{-1} , respectivamente, resultou em médias significativamente superiores de β -caroteno ($1,31 \mu\text{gg}^{-1}$) (Tabela 1) nos grãos de milho verde, comparados ao controle sem aplicação ($0,88 \mu\text{gg}^{-1}$) ($p < 0,05$). A média de teor de luteína em grãos do tratamento com nicosulfuron foi também significativamente superior ($0,98 \mu\text{gg}^{-1}$) àquela do controle ($0,71 \mu\text{gg}^{-1}$), embora estatisticamente iguais aos demais tratamentos (Tabela 1). Os cromatogramas para os tratamentos sem aplicação química e uso do herbicida mesotrione estão apresentados na Figura 2.

O uso dos herbicidas foramsulfuron + iodossulfuron-methyl-sodium (40 gha^{-1}); nicosulfuron (20 gha^{-1}); mesotrione (120 gha^{-1}) e tembotrione (100 gha^{-1}), causou redução na porcentagem de β -criptoxantina nos grãos, o que parece ter sido compensado pelo aumento percentual de α -caroteno (Tabela 2). Assim, o teor de carotenóides totais não diferiu entre os tratamentos, indicando não haver influência negativa daqueles agroquímicos sobre os teores destes carotenóides em grãos de milho.

Apesar dos herbicidas mesotrione e tembotrione atuarem sobre o fotossistema e a biossíntese de carotenóides na planta, esses produtos não causaram efeitos deletérios aos teores de carotenóides em grãos do híbrido BRS 1030, podendo ser utilizados no manejo da cultura com esse cultivar para a produção de milho verde.

Os herbicidas foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium e nicosulfuron, por atuarem na inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS) (CALLISTO, 2007) e assim, não terem efeito direto sobre o metabolismo de carotenóides na planta de milho, seriam também indicado para o uso no manejo da cultura do milho, destinada a produção de milho verde.

Tabela 1: Médias de luteína, zeaxantina, β -criptoxantina, β -caroteno, α -caroteno e carotenóides totais (CT) em grãos de milho verde resultantes da produção com aplicação ou não de herbicidas, Sete Lagoas, MG, 2007

Tratamentos	Carotenóides ($\mu\text{g g}^{-1}$ amostra fresca)					
	Luteína	Zeaxantina	β -criptoxantina	β -caroteno	α -caroteno	CT
Sem aplicação	0,71 b	9,85 a	0,77a	0,88c	0,012b	12,21a
Foram+ iodoss*	0,93 ab	11,03 a	0,77a	0,97bc	0,020ab	13,71a
Nicosulfuron**	0,98 a	12,34 a	0,78a	1,31a	0,023a	15,42a
Mesotrione**	0,83 ab	10,03 a	0,64a	1,03bc	0,022ab	12,54a
Tembotrione**	0,80 ab	11,37 a	0,80a	1,17ab	0,022ab	14,16a
CV (%)	7,72	5,93	6,38	6,48	14,05	6,01
Média	0,85	10,92	0,75	1,07	0,02	13,61

*Foram + iodoss = foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (40 gha^{-1});

**Nicosulfuron (20 gha^{-1}); Mesotrione (120 gha^{-1}); Tembotrione (100 gha^{-1});

CT = carotenóides totais.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2: Médias de carotenóides pró-vitamina A (Pro-VA) e percentuais de luteína, zeaxantina, β -criptoxantina, β -caroteno e α -caroteno em grãos de milho verde resultantes de produção com aplicação ou não de herbicidas, Sete Lagoas, MG, 2007

Tratamentos	Pro-VA	Luteína	Zeaxantina	β -criptoxan	β -caroteno	α -caroteno
	($\mu\text{g g}^{-1}$)	%				
Sem aplicação	1,65a	6,00 a	80,67 a	6,28 a	7,18 b	0,09b
Foram+ iodoss	1,76a	6,50 a	80,46 a	5,58 b	7,06 b	0,14ab
Nicosulfuron	2,10a	6,00 a	79,97 a	5,03 c	8,5 a	0,15ab
Mesotrione	1,69a	7,00 a	79,97 a	5,07 c	8,21 a	0,17a
Tembotrione	1,99a	6,00 a	80,32 a	5,66 b	8,25 a	0,15ab
CV (%)	6,47	5,02	0,58	1,93	2,21	10,85
Média	1,84	6,30	80,28	5,52	7,84	0,14

*Foram + iodoss = foramsulfuron + iodosulfuron-methyl-sodium (40 gha^{-1});

**Nicosulfuron (20 gha^{-1}); Mesotrione (120 gha^{-1}); Tembotrione (100 gha^{-1});

Pro-VA = carotenóides pró-vitamina A; criptoxan = criptoxantina;

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Figura 1: Retirada dos grãos de milho verde (A) e quarteirização de amostras compostas de milho verde (B).

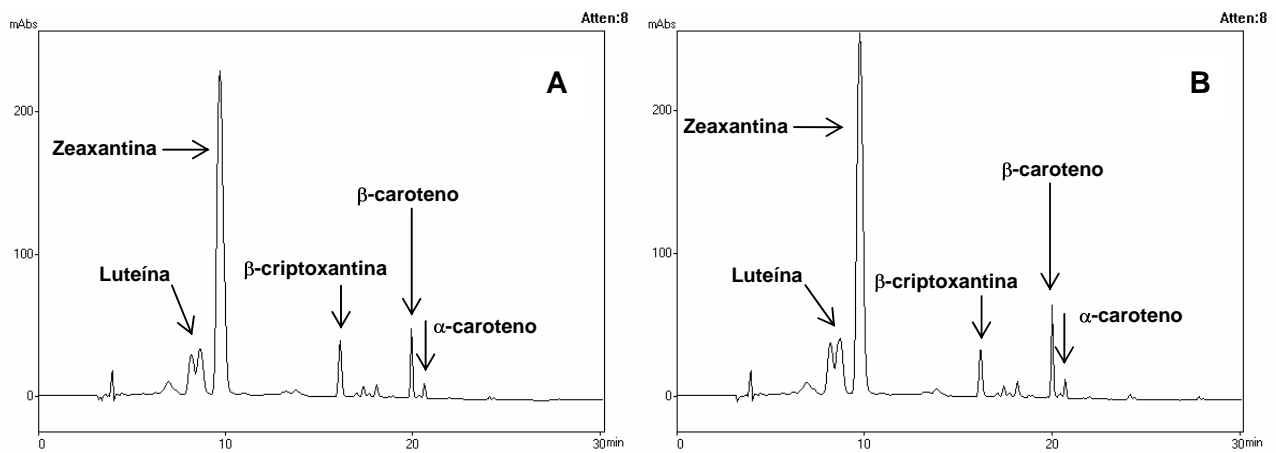


Figura 2: Cromatogramas de carotenóides em milho (BRS 1030), obtidos por CLAE. (A) sem aplicação de herbicida; (B) com aplicação de herbicida mesotrione (120 gha^{-1}).

LITERATURA CITADA

CALLISTO. Disponível em:

<https://www.extrapratica.com.br/BR_Docs/Portuguese/Instructions/159.pdf>. Acesso em:

23 de nov de 2007.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Silvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE

BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. Programas e Resumos... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

HOWE, J.A., TANUMIHARDJO, S.A. Carotenoid-Biofortified Maize Maintains Adequate Vitamin A Status in Mongolian Gerbils. J. Nutr., v.136, p. 2562–2567, 2006.

KARAM, D., CRUZ, M.B. Características do herbicida Mesotrione na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 52). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/Circular52.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2008

KURILICH, A. C.; JUVIK, J. A. Quantification of carotenoids and tocopherol antioxidants in *zea mays*. J. Agric. Food Chem., v.47, p.1948-1955, 1999.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F., FANCELLI, A.L, DOURADO-NETO, D., GARCÍA Y GARCÍA, A., CHRISTOFFOLETI, P.J. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. Planta Daninha, v.21, n.3, p.413-419, 2003.

NICOLAI, M. Desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.) submetida à aplicação de herbicidas pós-emergentes em diferentes situações de manejo. 2004. 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, B. L. Caderno técnico da Escola de Veterinária. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

SCHULZ, A., ORT, O., BEYER, P., KLEINIG, H. SC-0051, A 2- benzoyl-cyclohexane-1,3-dione bleaching herbicide, is a potent inhibitor of the enzyme p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. FEBS Letters. v.318, p162-166, 1993.