

Interferência de eventos transgênicos nos atributos morfológicos e produtivos do milho

Laís Teles de Souza¹

José Luiz de Andrade Rezende Pereira²

Silas Maciel de Oliveira³

Resumo

O potencial de utilização e de benefícios de plantas geneticamente modificadas é enorme e dinâmico e, quanto mais conhecimento científico e técnico a ele for agregado, mais alternativas de manejo agrícola sustentáveis são disponibilizadas. Porém, pouco se conhece sobre os efeitos da resistência a herbicidas e sobre o ataque de insetos nas características agrônômicas de plantas de milho. A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de investigar o efeito dos eventos transgênicos sobre as características morfológicas e produtivas de híbridos de milho. Para isso, foi realizado um experimento de campo em duas safras utilizando híbridos convencionais e transgênicos isogênicos. As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura de espiga, espessura de colmo e produtividade de grãos. A introdução de diferentes biotecnologias modificou as características morfológicas e produtivas de plantas de milhos. Versões transgênicas apresentaram altura de planta e produtividade de grãos 5 e 10%, respectivamente, maior em relação às isolinhas convencionais.

Palavras-chave: Proteína Cry1Ab. Enzima PAT. Enzima EPSPS. Rendimento de grãos. Interação ambiente *versus* genótipo.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo. No entanto, a produtividade desse cereal pode ser comprometida por diversos fatores abióticos e bióticos. Entre os fatores bióticos, a interferência exercida pela presença de plantas daninhas e insetos-praga pode resultar em sérios prejuízos para o rendimento das lavouras e, conseqüentemente, para o produtor rural (KOZLOWSKI, 2002; FERNANDES; CARNEIRO, 2006).

A competição entre plantas daninhas pode reduzir de 12 a 100% os lucros de uma lavoura de milho de acordo com a espécie, grau de infestação, tipo de solo, condições climáticas do período e estágio fenológico da cultura (ALMEIDA, 1981; CONSTANTIN e OLIVEIRA, 2005). Por outro lado, os insetos-praga, como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)), destacam-se tanto pela redução da produtividade e da qualidade do produto quanto pela dificuldade de controle (CARVALHO, 1982; WAQUIL et al., 1982; BARROS et al., 2010) Ademais, o mal uso de

1 Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", doutoranda do Departamento de Produção Vegetal. laisteles.souza@hotmail.com.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes, professor. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

3 Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", doutorando do Departamento de Produção Vegetal. silasmaciel2000@hotmail.com

herbicidas e inseticidas contribui para o surgimento de casos de resistência, o que dificulta e onera o controle fitossanitário.

Neste contexto, técnicas de biotecnologia foram aplicadas desenvolvendo plantas de milho geneticamente modificadas, resistentes a herbicidas e ao ataque de insetos, como uma alternativa de proteção para minimização de perdas causadas por esses fatores (CIB, 2013; CTNBio, 2009). Os genes introduzidos nas plantas transgênicas de milho codificam a expressão da proteína Bt, de ação inseticida, que são efetivos no controle de lepidópteros, como *S. frugiperda*, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (HUANG et al., 2002). Para o controle de plantas daninhas, podem ser inseridos em cultivares de milho, soja e algodão genes que expressam a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), isolada da *Agrobacterium tumefaciens*, que torna a planta tolerante ao glifosato (SPENCER et al., 2000). Deste modo, é possível a utilização de herbicidas de amplo espectro em pós-emergência, porém com baixa fitotoxicidade às culturas (BARRY et al., 1992, PADGETTE et al., 1995).

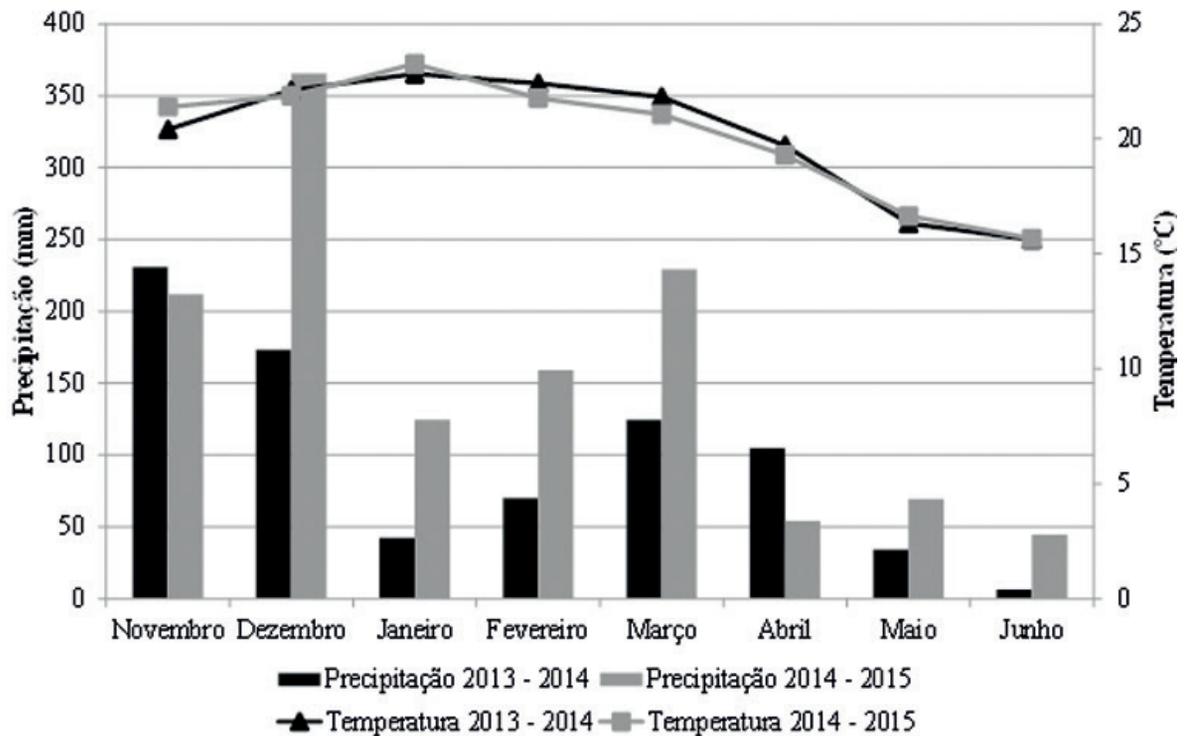
O potencial de utilização e de benefícios do sistema de plantas geneticamente modificadas é enorme, dinâmico e tende a oferecer mais e melhores alternativas de manejo agrícola sustentável à medida que mais conhecimento científico e técnico a ele for agregado. Porém, pouco se conhece sobre os efeitos da resistência a herbicidas e ataque de insetos nas características agrônômicas de plantas de milho. Melhorar a compreensão sobre a interferência das plantas transgênicas nas características morfológicas e produtivas de híbridos desse cereal é importante para aprimorar o manejo cultural e fitossanitário da cultura.

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de investigar o efeito dos eventos transgênicos sobre as características morfológicas e produtivas de híbridos de milho. Para isso, foi realizado um experimento de campo em duas safras utilizando híbridos convencionais e transgênicos isogênicos.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Inconfidentes (MG), Brasil, em duas safras (2013 - 2014 e 2014 - 2015), na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (22°18'47"S; 46°19'54,9"W; e 940 m de altitude), em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico, cultivado com milho nas últimas quatro safras. O clima da região é classificado como tropical de altitude, que possui inverno tipicamente seco (Cwb). A temperatura e precipitação média anual são de 19,3 °C e 1.411 mm (BRASIL, 1992; FAO, 1985). Os valores médios de precipitação pluviométrica e temperatura durante os períodos em estudo são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Valores médios de precipitação pluviométrica e temperatura por mês durante os períodos em estudo (2013 - 2014 e 2014 - 2015).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados coletados da estação meteorológica do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes (2018).

Antes do início do experimento foi realizada uma análise química do solo nas áreas experimentais entre 0 e 0,2 m de profundidade. Os resultados foram: pH de 5,3, matéria orgânica do solo de 3,97 g dm⁻³, P de 13,25 mg dm⁻³; 85,7 mg dm⁻³ de K; 2,39 cmol dm⁻³ de Ca; 0,57 cmol dm⁻³ de Mg; 4,95 cmol_c dm⁻³ de H+Al em pH 7.0; saturação de bases de 39,09%. Posteriormente foram realizadas correções e adubações segundo as recomendações oficiais do estado de Minas Gerais para a cultura do milho (RIBEIRO et al., 1999).

Empregou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial, sendo 2 híbridos da empresa Dow AgroSciences (2B587 e 2B688) *versus* 3 tecnologias (convencional, evento simples e evento piramidado) totalizando seis materiais, com 4 repetições. Os híbridos denominados convencionais não são organismos geneticamente modificados. Os híbridos denominados simples possuem os genes *CRY1F* e *PAT* (eventos TC1507 e T25) da bactéria não patogênica *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* e da bactéria *Streptomyces viridochromogenes* cepa Tu494. Esses genes comandam expressão das proteínas Cry1F e PAT, que codificam proteínas de efeito inseticida sobre lepidópteros e tolerância ao herbicida glufosinato de amônio, respectivamente. Os híbridos denominados piramidados possuem os genes *Cry1F*, *Cry1A.105*, *Cry2Ab2* (eventos TC 1507 e MON 89034), que conferem resistência a insetos pela produção de proteínas de efeito inseticida sobre lepidópteros e os genes *CP4 EPSPS* e *PAT* (eventos NK603 e T25 que conferem tolerância aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio, respectivamente).

Os híbridos 2B587 e 2B688 são do tipo simples e triplo, com maturação estimada em 815 e 860 graus dia. A densidade de semeadura dos híbridos foi de 120 mil sementes ha⁻¹. No estágio 3

(escala BBCH) foi realizado o desbaste, adotando população de 65.000 plantas ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi realizado trinta dias após a emergência por meio de uma aplicação do herbicida Atrazina na dose de 1.500 g ha⁻¹ de ingrediente ativo.

As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,8 m entre si. As duas linhas centrais da parcela foram consideradas como área útil para avaliações.

Quando as plantas atingiram o estágio 10.5 (escala BBCH), foi avaliada a altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e espessura de colmo (EC), obtidas pela média de dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela. A AP e AE foram mensuradas da superfície do solo ao ponto de inserção da folha bandeira e ao ponto de inserção da espiga principal, respectivamente. A EC foi mensurada por meio de um paquímetro digital, a 5 cm acima da espiga principal.

Para a determinação da produtividade de grãos (PG) foi realizada a colheita manual das espigas da área útil das parcelas na maturação fisiológicas das plantas. As espigas foram debulhadas, os grãos pesados e, posteriormente, retiradas amostras para a determinação da porcentagem de umidade com o auxílio de um medidor de umidade de grãos tipo caneca, modelo G-300 da marca GEHAKA. Os dados de produtividade de grãos foram corrigidos para umidade de 13%.

Cada variável resposta foi submetida à normalidade e homogeneidade de variância (BOX; COX, 1964). Posteriormente, foi realizada a análise de variância (ANOVA) por meio do Teste F a 5% de probabilidade. Os resultados dos dois anos experimentais foram analisados de maneira conjunta como efeito fixo. Quando identificados os efeitos e suas interações, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa "Statistical Analysis System versão Windows 9".

Resultados e discussão

Os fatores ano e híbrido foram significativos para as variáveis AP e EC. O fator evento foi significativo para AP e AE. Houve interação entre ano e híbrido e entre híbrido e evento para a variável AE (TABELA 1). Os valores de altura de planta, altura de espiga e espessura de colmo das avaliações realizadas no primeiro estágio reprodutivo das plantas de milho foram superiores no híbrido 2B688 (TABELA 1). Os resultados corroboram as informações apresentadas pela Embrapa (2016). Isso se deve ao fato de que os híbridos possuem diferentes bases genéticas (PENARIOL et al., 2003; CARDOSO et al., 2003).

Em geral, os híbridos convencionais alcançaram menor altura de planta e espiga em relação aos híbridos transgênicos de evento simples ou piramidado (TABELA 1). Em plantas modificadas para obter a tolerância ao herbicida glifosato é possível que ocorra uma superprodução da enzima EPSPS (GRUYS; SIKORSKI, 1999), especialmente para cultivo em que não foi aplicado o herbicida (YAMADA; CASTRO, 2007). Normalmente, neste cenário, a superprodução da enzima EPSPS aumenta a produção dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano, que são compostos diretamente ligados à altura das plantas (SCHANBENBERGER et al., 1999; WAGNER et al., 2003; CEDERGREEN et al., 2007; GODOY, 2007; CARBONARI et al., 2007a; CARBONARI et al., 2007b; VELINI et al., 2008).

De maneira análoga, plantas que possuem a transferência de um gene com resistência a insetos, como é o caso dos híbridos de evento simples, apresentam superprodução de cristais denominados delta-endotoxinas ou proteínas Cry (AGAISSE; LERECLUS, 1995). As proteínas Cry são produzidas na fase estacionária ou esporulação e acumuladas no compartimento da célula mãe durante a esporulação, correspondendo a 25% do peso seco da célula (AGAISSE; LERECLUS, 1995).

Portanto a superprodução da proteína Cry também pode ter influenciado o crescimento da planta, proporcionando maior altura. Além disso, visualmente as plantas convencionais foram mais prejudicadas com ataques de insetos-praga em relação às plantas resistentes.

Tabela 1. Resultados médios da altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e espessura de colmo (EC) de dois híbridos de milho (2B587 e 2B688) com diferentes eventos transgênicos - CV, evento simples - ES e evento piramidado - EP em Inconfidentes (MG).

		AP		AE		EC	
		2013/2014	2014/2015	2013/2014	2014/2015	2013/2014	2014/2015
		----- m -----				----- mm -----	
2B587	CV	2,27	2,25	1,22	1,31	19,22	16,66
2B587	ES	2,43	2,27	1,32	1,31	19,63	16,57
2B587	EP	2,36	2,34	1,24	1,30	20,61	17,02
Média 2B587		2,32B		1,28		18,29B	
2B688	CV	2,37	2,23	2,28	1,18	18,66	16,54
2B688	ES	2,52	2,38	1,36	1,30	18,62	16,59
2B688	EP	2,56	2,47	1,40	1,39	19,04	16,88
Média 2B688		2,42A		1,32		18,56A	
Média dos anos		2,42a	2,32b	1,30	1,29	19,29a	16,71b
Médias dos eventos entre híbridos e anos							
ES EP	CV	2,28B		1,25		17,77	
		2,40A		1,33		17,85	
		2,43A		1,34		18,38	
ANOVA (Pr > F)							
	Ano (A)	0,0002**		0,7117		<0,0001***	
	Híbrido (H)	0,0001**		0,0719		0,0391*	
	A*H	0,2226		0,0044*		0,0998	
Pr>F	Evento (E)	<0,0001***		0,0008**		0,083	
	A*E	0,1933		0,4762		0,8259	
	H*E	0,1037		0,0034**		0,7563	
	A*H*E	0,4134		0,2326		0,7723	
CV %		5,4		7,2		16,5	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna diferem entre si e médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

O híbrido 2B688 convencional apresentou a menor altura de espiga diferindo das suas versões transgênicas. Apenas para o evento piramidado, o híbrido 2B587 apresentou menor altura de espiga em relação ao 2B688 (TABELA 2). Alterações morfológicas como na altura de planta ou de espiga podem modificar práticas culturais como a densidade de semeadura ou a resposta da planta a condições de estresse (SANGOI et al., 2002). Os resultados mostram que os híbridos de milho

transgênicos são mais altos e alguns casos com maior altura de espiga. O incremento na altura de espiga e planta não foi acompanhado pela espessura do colmo, característica importante para evitar o tombamento, sobretudo em híbrido modernos, que são semeados em maiores densidades.

Tabela 2 – Resultados médios de altura de espiga (AE) de dois híbridos de milho (2B587 e 2B688) com diferentes eventos transgênicos - CV, evento simples - ES e evento piramidado - EP) em Inconfidentes - MG.

Híbrido	Evento		
	CV	ES	EP
2B587	1,26 Aa	1.32Aa	1,27Ba
2B688	1,23 Ab	1,33 Aa	1,40 Aa
	Ano		
	2013/2014	2014/2015	
2B587	1.26 Ba	1.31 Aa	
2B688	1.35 Aa	1.29 Aa	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna diferem entre si e médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

A produtividade média dos híbridos geneticamente modificados foi maior em relação aos híbridos convencionais, apresentando uma produção em torno de 11.000 kg ha⁻¹ (TABELA 3). A produção de grãos é resultado de herança quantitativa e muitos fatores afetam essa variável. Portanto, sua correlação com uma única característica genotípica geralmente é baixa. Ainda, em condições ambientais que favoreçam a exploração dos eventos transgênicos, essa diferença pode ser potencializada, o que possivelmente ocorreu nesta pesquisa.

A produtividade média dos híbridos geneticamente modificados foi de 11.000 kg ha⁻¹, cerca de 900 kg ha⁻¹ ou 10% maior que os híbridos convencionais. Esses resultados estão dentro dos limites reportados para as perdas causadas, principalmente, pela lagarta do cartucho do milho (CARVALHO, 1970; CRUZ; TURPIN, 1983; WILLIAMS; DAVIS, 1990; CORTEZ; WAQUIL, 1997; CRUZ et al. 1999). Além disso, a área experimental foi cultivada com milho por safras seguidas, pois as condições climáticas tropicais do Brasil permitem a intensificação da produção (PATERNIANE, 2000). Conseqüentemente, em áreas com cultivos sucessivos há um aumento substancial do tamanho das populações de insetos-praga (HILL, 1983; HOLLINGSWORTH, 2011; OMOTO et al. 2015).

Tabela 3 – Resultados médios da produtividade de grãos de dois híbridos de milho (2B587 e 2B688) com diferentes eventos transgênicos - CV, evento simples - ES e evento piramidado - EP em Inconfidentes (MG).

	Evento	Produtividade (kg ha ⁻¹)		
		CV	ES	EP
2B587	2013/14	9.300	11.000	10.600
	2014/15	10.900	11.400	11.200
2B688	2013/14	10.300	10.500	10.700
	2014/15	9.500	10.600	11.400
Médias eventos		10.000 b	10.900 a	11.000 a
ANOVA (Pr > F)				
Pr>F	Ano (A)	0.1653		
	Híbrido (H)	0.4162		
	A*H	0.1248		
	Versão (V)	0.0157*		
	A*V	0.8349		
	H*V	0.6178		
	A*H*V	0.2129		
	CV	10,7		

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Conclusões

A introdução de diferentes biotecnologias modifica as características morfológicas e produtivas de plantas de milho. As versões transgênicas apresentam altura de planta e produtividade de grãos 5 e 10%, respectivamente, maior em relação às isolinhas convencionais.

Transgenic events interference on maize morphological and productive attributes

Abstract

Genetically modified plants have high potential for use and benefits; they are dynamic and tend to enable more sustainable agricultural management alternatives as scientific and technical information are applied. However, little is known about the effects of genetic modifications to induce resistance to herbicides and insect attacks on agronomic characteristics of maize plants. The objective of this study was to evaluate the effects of transgenic events on morphological and productive characteristics of maize hybrids. A field experiment was conducted in two crop seasons, using conventional and transgenic isogenic hybrids. The variables analyzed were plant height, ear height, stem diameter, and grain yield. The genetic modifications used in the evaluated transgenic hybrids affected the morphological and productive characteristics of the maize plants. The transgenic hybrids presented 5% higher plant height and 10% higher grain yield than the conventional hybrids.

Keywords: Cry1Ab protein. PAT enzyme. EPSPS enzyme. Grain yield. Environment-genotype interaction.

Referências

- AGAISSÉ, H.; LERECLUS, D. How does *Bacillus thuringiensis* produce so much insecticidal crystal protein? **Journal of Bacteriology**, v. 177, n. 21, p. 6027–6032, 1995.
- ALMEIDA, F. S. Eficácia de herbicidas pós-emergente no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: 1981. p. 101-144 (Circular, 23).
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 137, n. 3, p. 237–245, 2010.
- BARRY, G. G.; KISHORE, S; PADGETTE, M. Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants. In: SINGH, B. K. et al. **Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants**. Am. Soc. Plant Physiologists. Rockville, MD. p.139-145, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normas climatológicas**. 1961 – 1990. Brasília, 1992, 84p.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. **An analysis of transformations**. J. R. Stat. Soc. Ser. B 26, 211–252, 1964.
- CARBONARI, C. A.; MESCHEDÉ, D. K.; VELINI, E. D. Efeito da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007a. p. 68-70.
- CARBONARI, C. A.; MESCHEDÉ, D. K.; VELINI, E. D. Acúmulo de fósforo em plantas de eucalipto submetidas à aplicação de diferentes doses de glyphosate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007b. p. 76-78.
- CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; LEAL, M. L. S.; OLIVEIRA, A. C. Desempenho de híbridos de milho na região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 43-52, 2003.
- CARVALHO, A. O. R. Pragas de milho e seu controle. 291p. (**Circular Técnica, 29**), 1982.
- CARVALHO, R. P. L. Danos, flutuações da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith 1797), **e sua suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo**. Piracicaba, 1970. 170p. **Tese (Doutorado) - ESALQ/USP**.
- CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-Response**, Amherst, v. 5, p. 150-162, 2007.

CIB. Conselho de Informações sobre Biotecnologia: **Eventos Aprovados - CTNBio**. 2013. Disponível em: <http://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados>. Acesso em: 13 maio 2013.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Potafós: Informações Agrônomicas**, 2005. n. 109, p. 14-15.

CORTEZ, M. G. R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento do sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, p. 407- 410, 1997.

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to mid whorl stage of corn. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 76, p. 1052-1054, 1983.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS, C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminum saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 293-296, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Safra 2013/2014**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>>. Acesso em: 03 de agosto de 2016.

FAO. **Agroclimatological data for Latin América and Caribbean**. Roma, 1985. (Coleção FAO: Produção e Proteção Vegetal, v. 24).

FERNANDES, O. A.; CARNEIRO, T. R. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* no Brasil. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas: Na Prática**. Piracicaba, Ed. CP2, p. 75-82, 2006.

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção do fósforo pela soja**. 2007. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

HILL, D. S. **Agricultural Insect Pests of the Tropics and their Control**. 2. ed. Cambridge **University Press**, Cambridge, UK, 1983.

HOLLINGSWORTH, R. G. Insect pest management of tropical versus temperate crops; patterns of similarities and differences in approach. **Acta Hort** 894:45–56, 2011.

HUANG, F.; BUSCHMAN, L. L.; HIGGINS, R. A.; LI, H. Survival of Kansas dipel-resistant European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on Bt and non-Bt corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, n. 3, p. 614-621, 2002.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365–372, 2002.

OMOTO, C.; BERNARD, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J. MDOURADO, P.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1727–1736, 2016.

PADGETTE, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; LA VALLEE, D. J.; TINIUS, C. N.; RHODES, W. K.; OTERO, I.; BARRY, G. F. Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate- Tolerant Soybean Line. **Crop Science**, v. 35, p. 1451-1461, 1995.

PATERNIANI, E. Sustainable Agriculture in the Tropics, in Transition to Global Sustainability: The Contribution of Brazilian Science. Ed. By Rocha-Miranda CE. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, Brazil, p. 181–194, 2000.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, p. 52-60, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, 1999. 359p.

SANGOI, L.; DE ALMEIDA, M. L.; DA SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 101–110, 2002.

SCHANBENBERGER, O.; KELLS, J. J.; PENNER, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose-response. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, p. 713-721, 1999.

SPENCER, M.; MUMM, R.; GWYN, J. Inventors - DeKalb Genetics Corporation, assignee.21/03/2000. **Glyphosate resistant maize lines**. U.S.patent 6040497

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHÉDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, New York, v. 64, p. 489-496, 2008.

WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology and Management**, Kyoto, v. 3, p. 228-232, 2003.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; LORDELLO, A. I.; CRUZ, I.; OLIVEIRA, A. C. Controle da lagarta do cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 163-166, 1982.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; WINDHAM, G. L. Registration of Mp 708 germplasm line of maize. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 757, 1990.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: efeitos do glifosato nas plantas: efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Encarte técnico. Informações agronômicas nº 119** – setembro/2007.

Histórico editorial

Submetido em: 22/03/2018

Aceito em: 25/06/2018