**Eventos transgênicos interferem nos atributos morfológicos e produtivos de milho**

\*Laís Teles de Souza1, José Luiz de Andrade Rezende Pereira2 e Silas Maciel de Oliveira3

*1, 3 Doutorandos do departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brazil.*

*2 Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, campus Inconfidentes, Brazil.*

*\*E-mail: laisteles.souza@hotmail.com*

**RESUMO** - O potencial de utilização e de benefícios de plantas geneticamente modificadas é enorme, dinâmico e tende a oferecer mais alternativas de manejo agrícola sustentável quanto 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 agronômicas 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 isto, 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 milho. As 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 x genótipo.

**ABSTRACT -** The potential for utilization and benefits of genetically modified plants is huge, dynamic and tends to offer more sustainable agricultural management alternatives as more scientific and technical knowledge is added to it. However, little is known about the effects of herbicide resistance and insect attack on the agronomic characteristics of corn plants. The present research was conducted with the objective of investigating the effect of transgenic events on the morphological and productive characteristics of maize hybrids. For this, a field experiment was carried out in two crops using conventional and transgenic isogenic hybrids. The variables analyzed were: plant height, ear height, stem thickness and grain yield. The introduction of different biotechnologies modified the morphological and productive characteristics of maize plants. The transgenic versions presented plant height and grain yield 5 and 10%, respectively, higher than the conventional isolines.

**Key-words:** Cry1Ab protein. PAT enzyme. EPSPS enzyme. Grain yield. Interaction genotype x environment.

**Introdução**

O milho (*Zea mays* L*.*) é o cereal mais produzido no mundo. No entanto, a produtividade deste 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 no rendimento das lavouras e, consequentemente, ao produtor rural (KOZLOWSKI, 2002; FERNANDES e CARNEIRO, 2006).

De acordo com a espécie, grau de infestação, tipo de solo, condições climáticas do período e estádio fenológico da cultura a competição entre plantas daninhas reduz de 12% a 100% os lucros de uma lavoura de milho (ALMEIDA, 1981; CONSTANTIN e OLIVEIRA, 2005). Já os insetos-praga, como por exemplo 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 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 estes 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*, *Helicoverpazea* (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 as 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 tenderá a oferecer mais e melhores alternativas de manejo agrícola sustentável quanto 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 agronômicas de plantas de milho. Melhorar a compreensão sobre a interferência das plantas transgênicas nas características morfológicas e produtivas de híbridos deste 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 isto, 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 (22º18’47’’S; 46º19’54,9’’W; e 940 m de altitude), em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico, cultivado com milho as últimas quatro safras. O clima da região é classificado como tropical de altitude, que possui o inverno tipicamente seco (Cwb). A temperatura e precipitação média anual são de 19,3ºC e 1411 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).

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 cmolc dm-3 de H+Al em pH 7.0; e 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) x 3 tecnologias (convencional, evento simples e evento piramidado) 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 thurigiensis* var. aizawai, e da bactéria *Streptomyces viridochromogenes* cepa Tu494. Estes 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 piramidado 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. Trinta dias após a emergência o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de uma aplicação do herbicida Atrazina na dose de 1500 g ha-1 de ingrediente ativo.

As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas 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 e 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. Já 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 com 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 e SIKORSKI, 1999), especialmente em cultivo que não foi aplicado o herbicida (YAMADA e 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; DUKE et al., 2006; CEDERGREEN et al., 2007; GODOY, 2007; CARBONARI et al., 2007a; CARBONARI et al., 2007b e 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 de estacionária e/ou de 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 no 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 seis híbridos de milho com diferentes eventos transgênicos 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 |
| ES | 2,43 | 2,27 | 1,32 | 1,31 | 19,63 | 16,57 |
| 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 |
| ES | 2,52 | 2,38 | 1,36 | 1,30 | 18,62 | 16,59 |
| 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 |
|  | CV | 2,28B | 1,25 | 17,77 |
| ES | 2,40A | 1,33 | 17,85 |
| EP | 2,43A | 1,34 | 18,38 |
| ANOVA (Pr > F) |
| 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 |
| 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** |

CV: convencional; ES: evento simples; EP: evento piramidado. 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).

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 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 seis híbridos de milho em interação com diferentes eventos transgênicos em Inconfidentes - MG.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Evento** |
| Híbrido | 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 |  |

CV: convencional; ES: evento simples; EP: evento piramidado. 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).

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 favoreça a exploração dos eventos transgênicos, esta 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 e TURPIN, 1983; WILLIAMS e DAVIS, 1990; CORTEZ e 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). Consequentemente, 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 seis híbridos de milho em relação ao evento transgênico.

|  |
| --- |
| Produtividade (kg ha-1) |
|  | Evento | 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 |
| Hibrido (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 |

**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.

**Referências**

AGAISSE, 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. e PADGETTE, M. Inhibitors of amino acid biosyntesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants. In: SINGH, B. K. et al. *Biosyntesis 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. e COX, D. R. An analysis of transformations. *J. R. Stat. Soc. Ser. B* 26,211–252, 1964.

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, 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. 81

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D. Acúmulo de fósforo em plantas de eucalipto submetidas a 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. et al. 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:*ttp://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados*. Acesso em: 13 de maio de 2013.

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

CORTEZ, M. G. R. e 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. e 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. e 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.

DUKE, S. O. et al. The occurrence of hormesis in plants and algae. Dose-Response, Amherst, v. 5, p. 150-162, 2006.

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 Caribean. Roma, 1985. (Coleção FAO: Produção e Proteção Vegetal, v. 24).

FERNANDES, O. A. e 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 Agronômicas, 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*, 2nd edition. 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. e HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. *Pest Management Science* Vol. 72, pag.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, pp. 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. et al. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. Pest Management Science, NewYork, 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.