

**Biossegurança e Avaliação Agronômica
do Milho Transgênico SbMATE, Segundo
a Resolução Normativa 8 - CTNBio**



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

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
215**

**Biossegurança e Avaliação Agronômica
do Milho Transgênico SbMATE, Segundo
a Resolução Normativa 8 - CTNBio**

Maria José Vilaça de Vasconcelos
José Edson Fontes Figueiredo
Andréa Almeida Carneiro
Jurandir Vieira de Magalhães
Claudia Teixeira Guimarães

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

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/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Figura da capa
José Edson Fontes Figueiredo

1ª edição
Publicação digital (2020)

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)

Nome da unidade catalogadora

Biossegurança e avaliação agrônômica do milho transgênico SbMATE, segundo a resolução normativa 8 - CTNBio / Maria José Vilaça de Vasconcelos ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

19 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 215).

1. Planta transgênica. 2. Engenharia genética. 3. Zea mays. 4. Legislação. I. Vasconcelos, Maria José Vilaça de. II. Figueiredo, José Edson Fontes. III. Carneiro, Andréa Almeida. IV. Magalhães, Jurandir Vieira de. V. Guimarães, Cláudia Teixeira. VI. Série.

CDD (21. ed.) 631.523

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução.....	08
Material e Métodos	09
Resultados e Discussão	11
Medidas de Biosegurança - Monitoramento.....	17
Conclusões.....	18
Referências	18

Biossegurança e Avaliação Agronômica do Milho Transgênico SbMATE, Segundo a Resolução Normativa 8 - CTNBio

Maria José Vilaça de Vasconcelos¹

José Edson Fontes Figueiredo²

Andreia Almeida Carneiro³

Jurandir Vieira de Magalhães⁴

Claudia Teixeira Guimarães⁵

Resumo – Entende-se por planta geneticamente modificada ou transgênica aquela que tenha recebido um ou vários genes exógenos em seu genoma por outros métodos que não fecundação ou cruzamento. Esta classe de planta, que teve o seu código genético alterado pela introdução de uma ou mais sequências de DNA provenientes de outra espécie, vegetal ou de microrganismo, deve passar por rigorosas análises que comprovem suas características agronômicas e de segurança, tanto para o meio ambiente, como para os seres vivos. Este conjunto de práticas ou processos denomina-se biossegurança. A biossegurança de uma planta transgênica, além de estudos feitos em regime de contenção, passa por liberações planejadas no meio ambiente para se obter dados agronômicos, físico-químicos e ambientais, visando o preparo de um dossiê para a liberação comercial. O presente trabalho avaliou o desempenho agronômico do milho SbMATE transformado com um gene isolado de sorgo, responsável pelo aumento da tolerância ao alumínio (Al) nessa espécie. Os resultados mostraram que os híbridos transgênicos de milho expressando o gene SbMATE tiveram comportamento similar as suas versões isogênicas convencionais, isto é, não houve aumento da produtividade em relação ao parental não transgênico em solos ácidos com concentrações tóxicas de alumínio. Os resultados são restritos ao evento estudado, sendo

¹ Farmacêutica/Bioquímica, Doutora em Agroquímica, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo;

² Biólogo/Bioquímico, Doutor em Bioquímica e Imunologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

³ Bióloga, Doutora em Ciência das Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo;

⁴ Engenheiro- Agrônomo, Doutor em genética de plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

⁵ Engenheira- Agrônoma, Doutora em genética e melhoramento, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo.

necessário avaliar outros eventos transgênicos, pois em sorgo já foi demonstrado que o gene SbMATE aumenta a produção de grãos quando cultivado em solos ácidos com concentrações tóxicas de alumínio.

Termos para indexação: Biossegurança de OGM; Resolução Normativa 8; avaliação agrônômica, gene SbMATE

Biosafety and Agronomic Evaluation of Genetically Modified Maize SbMATE-RN8.

Abstract – A genetically modified plant is a plant that, during its development, received one or more exogenous genes in its genome without fertilization or crossover. Any plant with its genetic code modified by introducing one or more DNA sequences from another species must undergo rigorous analysis to prove its agronomic and safety characteristics for both the environment and living things. These set of practices or processes are called biosafety. Also, the biosafety of a transgenic plant involves planned releases into the environment to obtain agronomic, physicochemical, and environmental data, aiming to prepare a dossier before approval for commercialization. In sorghum, the gene SbMATE is responsible for increasing the plant tolerance to aluminum. The present work evaluated the agronomic performance of transgenic maize that code for SbMATE. The results showed that the transgenic hybrids expressing the SbMATE gene did not present agronomic superiority concerning conventional isogenic versions. It means that there was no increase in productivity relative to the non-transgenic parental in acidic soils with toxic concentrations of aluminum. However, the present result was restricted to one event; thus, it is necessary to evaluate other transgenic events since it has already been shown that the SbMATE gene increases the grain yield of sorghum grown on acidic soils with toxic aluminum.

Index terms: Biosafety of GMOs; RN 8; agronomic evaluation, SbMATE gene.

Introdução

A transformação genética é definida como a transferência ou introdução de um ou vários genes exógenos em um organismo sem que haja a fecundação ou o cruzamento. Os organismos transformados geneticamente recebem o nome de transgênicos ou organismos geneticamente modificados (OGMs), ou seja, organismos que tiveram seu código genético alterado pela introdução de uma ou mais sequências de DNA provenientes de outra espécie. Portanto, vegetais transformados geneticamente são conhecidos como plantas transgênicas. Já os genes inseridos são denominados transgenes.

Após a obtenção de um OGM, esses devem passar por rigorosas análises que comprovam sua segurança para os seres vivos e para o meio ambiente, cujo conjunto de práticas denomina-se biossegurança. A biossegurança de um OGM tem sido aplicada como sinônimo de aspectos relacionados à manipulação em regime de contenção e liberações planejadas ou comerciais desses organismos. Esse é um conjunto de práticas e de ações técnicas relacionadas à segurança do OGM que visa conhecer e controlar os riscos que esses organismos poderiam oferecer ao ambiente e à vida. Essa segurança só é alcançada por meio da aplicação adequada de análise de risco/segurança e da gestão do risco. A avaliação de risco de OGMs deve ser baseada em dados científicos consolidados e aplicados caso a caso.

No Brasil, a Lei Nacional de Biossegurança, Lei nº 11.105, de 25 de março de 2005 (Brasil, 2005), trata dos OGMs e seus derivados e estabelece normas de segurança e de fiscalização para o seu uso. Dentro do escopo dessa lei, foi recriada a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), à qual compete propor uma Política Nacional de Biossegurança, acompanhar o desenvolvimento e o progresso técnico e científico da biossegurança relacionada aos transgênicos e seus derivados em áreas afins, bem como emitir pareceres técnicos prévios conclusivos sobre os produtos geneticamente modificados e seus derivados, com base no conhecimento científico disponível.

A Legislação Brasileira de Biossegurança estabelece parâmetros ambientais que devem ser avaliados, como proteção de espécies ameaçadas; preservação ou melhoria da qualidade da água e dos solos; proteção às espécies benéficas à agricultura e proteção dos recursos genéticos do País. A tolerân-

cia a estresses abióticos é uma característica que confere uma vantagem adaptativa às plantas transgênicas sob condições adversas e pode aumentar a habilidade competitiva quando comparadas com a sua linhagem isogênica. No entanto, os riscos associados à liberação destas plantas no meio ambiente envolvem questões relacionadas ao aumento do seu potencial de invasão voluntária em ambientes naturais ou sua persistência em campos agrícolas (Ellstrand; Hoffman, 1990; Ellstrand, 2001; Lu, 2008). As estratégias atuais utilizadas para o desenvolvimento de plantas transgênicas com aumento da tolerância a estresses abióticos estão baseadas no uso de genes regulatórios ou metabólicos. Muitos destes genes podem afetar vários aspectos do desenvolvimento e da adaptação das plantas ao meio ambiente (Khan, 2011). No presente caso, o milho transgênico está expressando o gene SbMATE de sorgo. O gene SbMATE codifica um transportador de citrato da família MATE (Multidrug and Toxic Compound Extrusion), ativado pelo alumínio no ápice radicular de genótipos tolerantes de sorgo (Magalhães et al., 2007). O citrato na rizosfera forma compostos não tóxicos com o alumínio, minimizando sua toxidez às raízes das plantas.

A seguir, descreve-se o estudo da biossegurança de uma planta de milho geneticamente modificada com o gene SbMATE, que confere tolerância ao alumínio. Este é o segundo estudo de biossegurança desse milho GM. A primeira foi uma pesquisa segundo a Resolução Normativa nº 6, de 6 de novembro de 2008 (Brasil, 2008), descrito em publicação anterior (Vasconcelos et al., 2018). Este presente estudo baseia-se na Resolução Normativa nº 8, da CTNBio, de 3 de junho de 2009 (Brasil, 2009).

Material e Métodos

Estudos de campo

Para a condução, em campo, de experimento com plantas geneticamente modificadas é necessário seguir a legislação brasileira de biossegurança, Lei nº 11.105 de 2005 (Brasil, 2005). A Lei de Biossegurança Brasileira estabelece os requisitos básicos para se trabalhar com OGMs e seus derivados, no Brasil, tanto em contenção como em liberações no meio ambiente. Após cumprir todos os requisitos da Lei, a Embrapa Milho e Sorgo conduziu o ex-

perimento em campo para avaliar as características agronômicas e de biossegurança de híbridos de milho transgênicos expressando o gene SbMATE, sob dois níveis de saturação de alumínio.

Todos os procedimentos de biossegurança aprovados pela CTNBio, para essa Liberação Planejada no Meio Ambiente (LPMA), segundo a RN8, foram seguidos como descrito nas normas aprovadas para esse experimento - processo nº 01200.000768/2016-65, segundo a Resolução Normativa de número 8, de 3 de junho de 2009.

O experimento foi conduzido na área especificada para experimentos em solos com e sem saturação de alumínio, cuja extensão de CQB foi solicitada à CTNBio - processo nº (01200.005373/1996-16 CQB), (Figuras 1, 2, 3 e 4), segundo a Resolução Normativa nº 1, de 20 de junho de 2006 (Brasil, 2006).

Delineamento experimental e coleta e análises de dados

O ensaio proposto teve como objetivo a liberação planejada no meio ambiente de uma planta de milho geneticamente modificada, ou seja, avaliar o evento transgênico de milho com o gene SbMATE quanto aos aspectos agronômicos.

A área experimental foi constituída de duas subáreas caracterizadas quanto à saturação de Al tóxico: solo corrigido (0% de saturação de Al) e solo com 40% de saturação de Al na camada superficial de 20 cm. Foram testados 12 híbridos simples, sendo seis transgênicos e seis isogênicos convencionais. Cada parcela foi constituída por duas linhas de 5 metros com espaçamento entre linhas de 0,7 metro e 0,2 metro entre plantas. Para garantir o estande ideal, foram plantadas 36 sementes por linha de 5 m, mantendo 25 plantas por linha após o desbaste. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. A manipulação das sementes, o plantio, a condução do experimento, a colheita, o descarte e o monitoramento seguiram as normas de Biossegurança da CTNBio descritas no pedido de LPMA – RN8

O experimento de LPMA recebeu a fiscalização do Ministério da Agricultura. Foi entregue aos fiscais uma cópia da LPMA aprovada pela CTNBio para fiscalização. Após a fiscalização, constatou-se que todo o experimento estava

dentro das Normas de Biossegurança aprovada pela CTNBio, não havendo nenhuma autuação.

O experimento foi colhido, e os dados de produtividade foram obtidos. Após a colheita do experimento, a área foi dessecada e monitorada durante seis meses sem irrigação.

Resultados e Discussão

Seis híbridos experimentais contendo a linhagem L3 transgênica expressando o gene SbMATE foram avaliados junto com os seus pares isogênicos (Tabela 1). As análises de variância revelaram diferenças estatísticas significativas entre os híbridos para produção de grãos e interação genótipo x ambiente. Na média geral, a toxidez de alumínio reduziu a produtividade de grãos em torno de 20%, resultando em uma perda de 2.000 kg ha⁻¹. Os híbridos expressando o gene SbMATE, que confere tolerância ao Al em sorgo não foram mais produtivos em comparação com os não transgênicos, em ambas as condições de solo, com e sem saturação de Al (Tabela 2). Esses resultados não diferem dos dados obtidos na LPMA anterior, onde a linhagem parental transgênica (L3T) não apresentou diferença significativa em relação a sua isogênica convencional em solo corrigido e sob estresse de Al. Esse resultado pode ser explicado, em parte, pelo uso de um promotor constitutivo, em que a alta exsudação de citrato pode ter causado um desbalanceamento energético na planta. Tais consequências foram mais evidentes em condições de campo, causando uma redução na performance dos híbridos transgênicos em comparação com seus isogênicos não transgênicos.

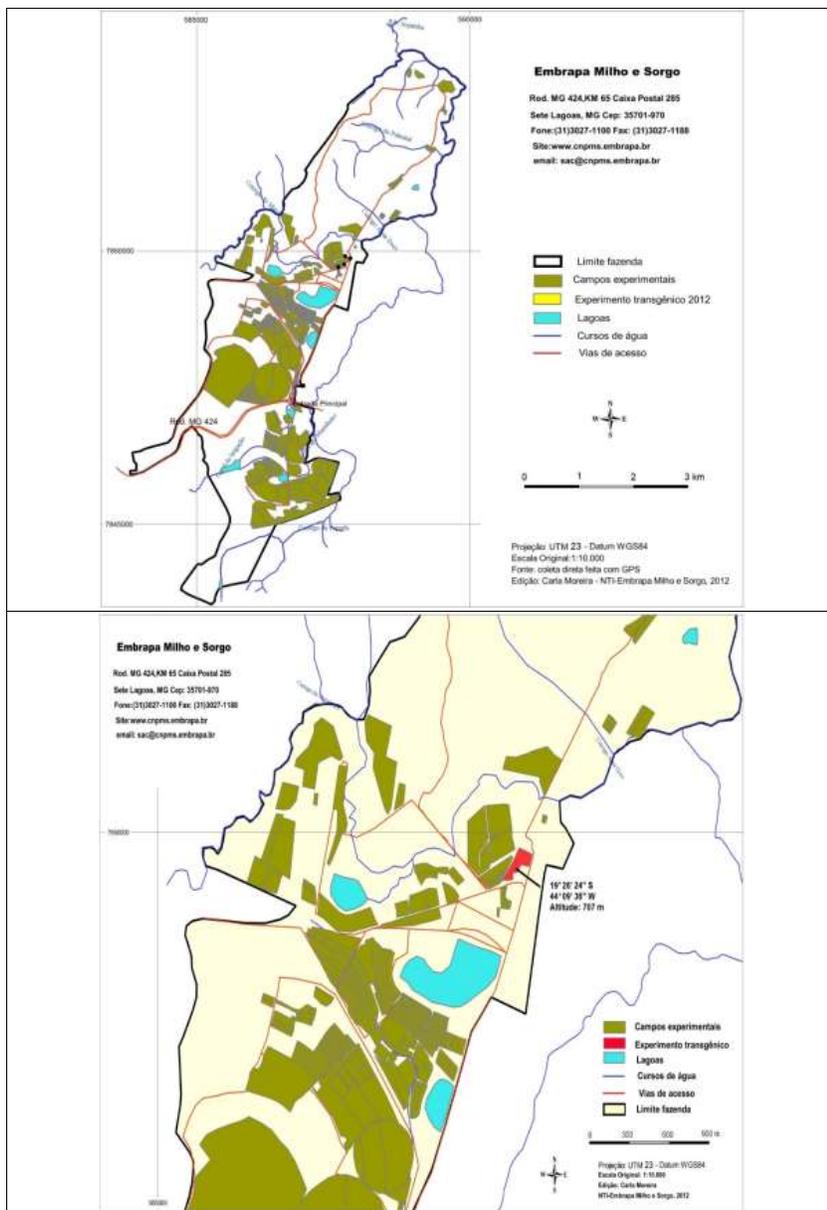


Figura 1. Localização geográfica da área experimental, Embrapa Milho e Sorgo

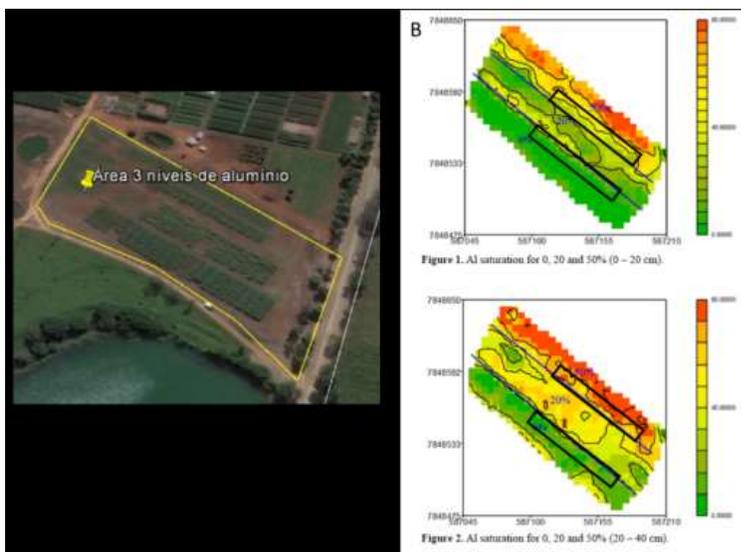


Figura 2. Área experimental com três níveis de saturação de alumínio (Al). A) Imagem de satélite da área extraída do Google Earth. B) Níveis de saturação de Al de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade, cujo retângulo preto realça as duas áreas que foram plantadas com os híbridos experimentais (0% Al e com 40% de saturação de Al). Dados extraídos da publicação Menezes et al. (2014).

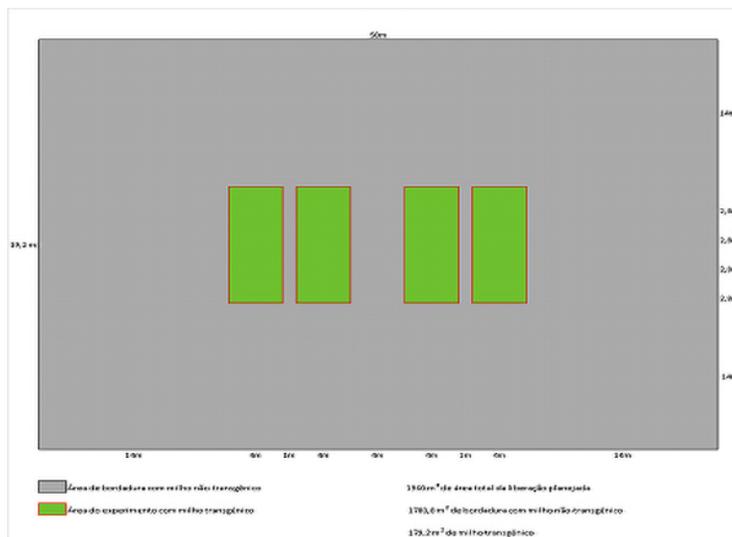


Figura 3. Delineamento experimental.

14 m bordadura = 20 linhas 0.7 cm espaçamento													
Área controle 20 m bordadura	101_T1	108_T8	109_T9	204_T7	205_T2	212_T5	301_T11	308_T5	309_T2	404_T3	405_T4	412_T7	60 m bordadura
	101_T1	108_T8	109_T9	204_T7	205_T2	212_T5	301_T11	308_T5	309_T2	404_T3	405_T4	412_T7	
	102_T2	107_T7	110_T10	203_T12	206_T11	211_T6	302_T1	307_T10	310_T12	403_T6	406_T11	411_T9	
	102_T2	107_T7	110_T10	203_T12	206_T11	211_T6	302_T1	307_T10	310_T12	403_T6	406_T11	411_T9	
	103_T3	106_T6	111_T11	202_T9	207_T10	210_T3	303_T6	306_T4	311_T3	402_T10	407_T8	410_T2	
	103_T3	106_T6	111_T11	202_T9	207_T10	210_T3	303_T6	306_T4	311_T3	402_T10	407_T8	410_T2	
	104_T4	105_T5	112_T12	201_T8	208_T4	209_T1	304_T9	305_T8	312_T7	401_T1	408_T5	409_T12	
	104_T4	105_T5	112_T12	201_T8	208_T4	209_T1	304_T9	305_T8	312_T7	401_T1	408_T5	409_T12	
4 linhas bordadura													
Área Intermediária													
4 linhas bordadura													
Área com 40% Al 20 m bordadura	501_T1	508_T8	509_T9	604_T12	605_T5	612_T8	701_T9	708_T11	709_T12	804_T12	805_T3	812_T2	60 m bordadura
	501_T1	508_T8	509_T9	604_T12	605_T5	612_T8	701_T9	708_T11	709_T12	804_T12	805_T3	812_T2	
	502_T2	507_T7	510_T10	603_T7	606_T11	611_T3	702_T3	707_T5	710_T1	803_T8	806_T4	811_T7	
	502_T2	507_T7	510_T10	603_T7	606_T11	611_T3	702_T3	707_T5	710_T1	803_T8	806_T4	811_T7	
	503_T3	506_T6	511_T11	602_T9	607_T6	610_T4	703_T7	706_T4	711_T10	802_T10	807_T1	810_T6	
	503_T3	506_T6	511_T11	602_T9	607_T6	610_T4	703_T7	706_T4	711_T10	802_T10	807_T1	810_T6	
	504_T4	505_T5	512_T12	601_T1	608_T2	609_T10	704_T8	705_T6	712_T2	801_T11	808_T5	809_T9	
	504_T4	505_T5	512_T12	601_T1	608_T2	609_T10	704_T8	705_T6	712_T2	801_T11	808_T5	809_T9	
14 m bordadura = 20 linhas 0.7 cm espaçamento													

Figura 4. Croqui da área experimental da LPMA incluindo os tratamentos e a bordadura, representado as áreas controle (0% Al) e com 40% de saturação de Al.

Tabela 1. Descrição dos híbridos simples utilizados e os tratamentos.

Tratamentos	Genótipos (Transgênicos)	Tratamentos	Genótipos (Não transgênicos)
T1	L3T x 521236	T2	L3 x 521236
T3	L3T x 262841-1-8-2	T4	L3 x 262841-1-8-2
T5	L3T x 262841-1-4-1	T6	L3 x 262841-1-4-1
T7	L3T x 202841-1-1-2	T8	L3 x 202841-1-1-2
T9	L3T x 228-3	T10	L3 x 228-3
T11	L3T x 2841	T12	L3 x 2841

Tabela 2. Análise de variância

FV	GL	QM	F	
Blocos	3	18032736.45		
Genótipos	11	11992548.29	6.46	P=.045
Ambientes	1	101094202.07	54.46	P=.0014
GxA	11	1856152.34	1.12	
GxA	22	6924350.32	4.19	P=.00001
GxA sem Al	11	4539326.98	2.74	P=.00724
GxA com Al	11	9309373.66	5.63	P=.0
Resíduo	51	1654447.18		
CV(%)	15.68			
Herdabilidade	0.85			

A Figura 5 apresenta a média de produtividade dos genótipos nos ambientes com e sem saturação de alumínio no solo. Já a Figura 6 apresenta uma correlação entre a média de produção de grãos dos híbridos transgênicos (círculos vermelhos) e não transgênicos (círculos pretos).

De maneira geral, houve uma tendência dos híbridos transgênicos terem uma produtividade inferior aos convencionais.

Assim, podemos considerar que os objetivos da LPMA foram alcançados, uma vez que os resultados foram coerentes com os resultados obtidos na LPMA anterior.

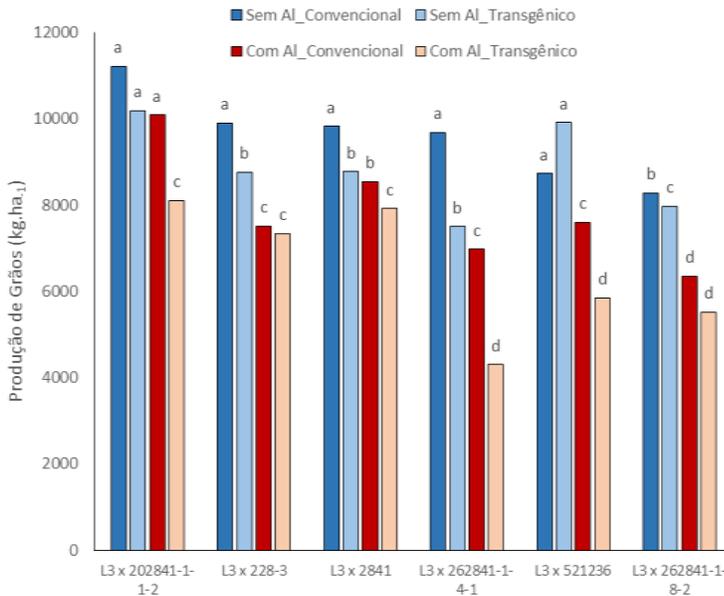


Figura 5. Produção de grãos dos híbridos transgênicos e não transgênicos com e sem alumínio (Al) no solo.

Na ausência de Al, as versões transgênicas dos materiais 2,3,4 e 6 apresentaram menor produtividade. Já na presença de Al, as versões transgênicas dos materiais 1, 3, 4, e 5 apresentaram menor produtividade.

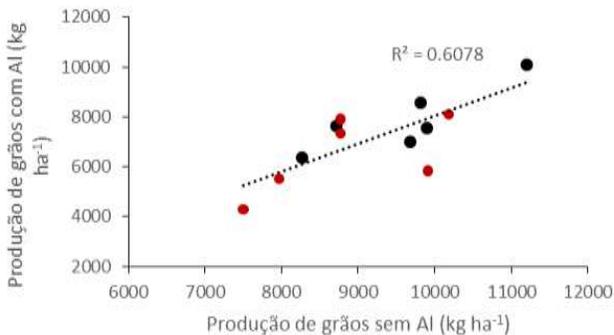


Figura 6. Produção de grãos dos híbridos transgênicos (círculos vermelhos) e não transgênicos (círculos pretos) em diferentes níveis de saturação de alumínio (Al) no solo.

Durante o processo de domesticação do milho, as características clássicas observadas em plantas voluntárias foram perdidas. Exemplos dessas características são adaptações especiais para maior dispersão de sementes, sementes sem proteção, rápido crescimento vegetativo, germinação descontínua, produção prolongada de sementes, alta produção de sementes em condições favoráveis, entre outras (Backer, 1991). A presença do gene SbMATE não irá modificar as características de planta domesticada apresentadas pelo milho. Isso porque o crescimento e a dispersão de plantas em ambientes agrícolas ou naturais são regulados por vários fatores ambientais bióticos e abióticos, tais como inseto e doença, salinidade, seca, baixas e altas temperaturas, irradiação UV, anóxia, condições nutricionais do solo, dentre outros (Khan, 2011). Portanto, o potencial de uma planta de milho transgênica com tolerância ao alumínio, conferida pela expressão do gene SbMATE, se tornar persistente ou invasiva é extremamente baixo, ou seja, a inserção desse gene em milho segura para o meio ambiente.

Medidas de Biossegurança - Monitoramento

Como medida de biossegurança, após o término do experimento, fez-se o monitoramento da área durante seis meses, sem irrigação, para verificar o aparecimento de plantas voluntárias de milho, resultante de sementes que por ventura caíram no solo durante a coleta do experimento. Esse monitoramento foi feito semanalmente para verificar a germinação de plantas de milho, e quando havia germinação de plantas, essas eram arrancadas e enterradas na vala de descarte. Após esse período de monitoramento, a área foi liberada, e foi enviado para CTNBio o relatório de biossegurança dessa LPMA executada segundo a Resolução Normativa 8, de 3 de junho de 2009.

Como conclusão da Liberação Planejada no Meio Ambiente, o relatório enviado à CTNBio foi analisado pela comissão que aprovou o relatório, e assim encerrou-se o processo nº 01200.000768/2016-65 da LPMA.

Conclusão

Híbridos simples transgênicos de milho expressando o gene SbMATE, em condições de saturação de alumínio tiveram comportamento similar ou inferior as suas versões isogênicas convencionais com base na produtividade de grãos. Esses resultados são restritos ao evento estudado, devemos avaliar outros eventos transgênicos, uma que esse alelo, em sorgo, demonstrou superioridade na produção de grãos quando cultivado em solo ácido.

Referências

BACKER, H. G. The continuing evolution of weeds. **Economic Botany**, v. 45, n. 4, p. 445-449, 1991.

BRASIL. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados - OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança - CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança - PNB, revoga a Lei no 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória no 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10º e 16º da Lei no 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 mar. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l111105.htm>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Resolução Normativa nº 1, de 20 de junho de 2006**. Dispõe sobre a instalação e funcionamento das Comissões Interna de Biossegurança (CIBios) e sobre os critérios e procedimentos para requerimento, emissão, revisão, extensão, suspensão e cancelamento do Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB). Brasília, DF, 20 jun. 2006.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Resolução Normativa nº 6, de 6 de novembro de 2008**. Brasília, DF, 6 nov. 2008.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Resolução Normativa nº 8, de 3 de junho de 2009**. Brasília, DF, 3 jun. 2009.

ELLSTRAND, N. C. When transgenes wander, should we worry? **Plant Physiology**, v. 125, n. 4, p. 1543-1545, 2001.

ELLSTRAND, N. C.; HOFFMAN, C. A. Hybridization as an avenue for escape of engineered genes. **Bioscience**, v. 40, n. 6, p. 438-442, 1990.

KHAN, M. S. Future challenges in environmental risk assessment of transgenic plants with abiotic stress tolerance. **Biotechnology and Molecular Biology**, v. 6, n. 9, p. 199-213, 2011.

LU, B. R. Transgene escape from GM crops and potential biosafety consequences: an environmental perspective. **Collection of Biosafety Reviews**, v. 4, p. 41-66, 2008.

MAGALHÃES, J. V. de; LIU, J.; GUIMARÃES, C. T.; LANA, U. G. de P.; ALVES, V. M. C.; WANG, Y-H.; SCHAFFERT, R. E.; HOEKENGA, O. A.; PINEROS, M. A.; SHAFF, J. E.; KLEIN, P. E.; CARNEIRO, N. P.; COELHO, C. M.; TRICK, H. N.; KOCHIAN, L. V. A gene in the multidrug and toxic compound extrusion (MATE) family confers aluminum tolerance in sorghum. **Nature Genetics**, v. 39, n. 9, p. 1156-1161, 2007.

VASCONCELOS, M. J. V. de; CARNEIRO, A. A.; MAGALHÃES, J. V. de; GUIMARÃES, C. T. **Avaliação agronômica do milho geneticamente modificado com o gene SbMATE, que confere tolerância ao alumínio**: processo de biossegurança para o primeiro estudo de campo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 22 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 173).

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

