

Workshop de Milho Transgênico: Realidades & Perspectivas

WORKSHOP

MILHO

TRANSGÊNICO

REALIDADE & PERSPECTIVAS

FAPEMIG



AMÉRICA LATINA: CONSTRUÇÃO DE CAPACIDADE
MULTIPAÍSES SEGUNDO O PROTOCOLO
DE CARTAGENA EM BIOSSEGURANÇA
(COLÔMBIA, PERU, COSTA RICA, BRASIL)



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

Documentos 149

Workshop de Milho Transgênico: Realidade & Perspectivas

*Andrea Almeida Carneiro
Simone Martins Mendes
José Magid Waquil*
Editores Técnicos

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Antônio Carlos de Oliveira

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo

Afonso Viana, João Herbert Moreira Viana, Guilherme Ferreira

Viana e Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Alexandre Esteves Neves

Editoração eletrônica: Alexandre Esteves Neves

Foto(s) da capa: Alexandre Esteves Neves

1ª edição

1ª impressão (2012): on line

Todos os direitos reservados

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo**

Workshop de Milho Transgênico (1.: 2012: Sete Lagoas).

Palestras [do] I Workshop de Milho Transgênico: realidade & perspectivas, Sete Lagoas, 7 a 9 março de 2012 / editores técnicos Andrea Almeida Carneiro, Simone Martins Mendes, José Magid Waquil. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

120 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 136).

1. Milho. 2. Planta transgênica. 3. Engenharia genética. I. Carneiro, Andrea Almeida. II. Mendes, Simone Martins. III. Waquil, José Magid. IV. Workshop de Milho Transgênico, 1., 2012, Sete Lagoas. V. Título.

CDD 633.5233 (21. ed.)

© Embrapa 2012

Editores Técnicos

Andrea Almeida Carneiro

Eng. Agr., Ph.D em Biologia Molecular.

Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo. Rod.

MG 424 km 65 Cx. Postal 151. 35701-970, Sete Lagoas, MG.

andreac@cnpms.embrapa.br

Simone Martins Mendes

Eng.-Agr., Doutora, Entomologia. Pesquisadora da

Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 65

Cx. Postal 151. 35701-970, Sete Lagoas, MG.

simone@cnpms.embrapa.br

José Magid Waquil

RIT DA/SBDA/CNPq - Sete Lagoas, MG

jmwaquil@gmail.com

Apresentação

O Workshop “Milho Transgênico: Realidade e Perspectivas”, realizado entre os dias 7 e 9 de março de 2012 na Embrapa Milho e Sorgo. Teve por meta discutir e padronizar os procedimentos de biossegurança relacionados ao milho geneticamente modificado adotados pelos países da América Latina. Este evento foi parte integrante do projeto “América Latina: construção de capacidade multipaíses segundo o Protocolo de Cartagena em biossegurança” - LAC Biosafety, do qual são participantes o Brasil, Colômbia, Costa Rica e Peru. O projeto, financiado pelo Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF) do Banco Mundial, teve como objetivo principal fortalecer a capacidade em cada país participante em relação à segurança ambiental das plantas geneticamente modificadas (GM), seu impacto socioeconômico e formatos de comunicação, utilizando a complementaridade de competências entre os cientistas dos países participantes que trabalham na área de biossegurança. Visando responder aos questionamentos relacionados ao uso seguro do milho geneticamente modificado foram realizados no Workshop “Milho Transgênico: Realidade e Perspectivas”, ações e atividades diversas, como apresentação de conferências, palestras, mesas redondas e discussões técnicas científicas focando o tema milho transgênico na América Latina, dada à sua importância para o meio ambiente e o agropêlo da região. Representantes da comunidade científica nacional e internacional, extensionistas, empresários, produtores rurais, estu-

dantes universitários, representantes de indústrias dos setores agropecuários e alimentícias interagiram propondo soluções para as várias lacunas de conhecimento sobre o tema biossegurança de organismos geneticamente modificados.

Os diferentes temas abordados durante o evento foram divididos nos seguintes painéis: (i) A experiência com o milho transgênico na América Latina; (ii) Relação custo/benefício do uso de transgênicos e segregação de produtos na cadeia produtiva; (iii) Milho Bt no MIP e estratégias de manejo da resistência; (iv) O papel das cultivares transgênicas na agricultura e a política de pesquisa da Embrapa para o setor; (v) Plantas transgênicas e a biossegurança do solo; (vi) Manejo de resistência de plantas daninhas – Perspectivas para o manejo de plantas daninhas com o uso da transgenia nos sistemas de produção do milho; (vii) Impactos ambientais do milho Bt em organismos não alvo e, (viii) Avaliação de cenários e prospecção tecnológica. Estes painéis foram seguidos por grupos de discussão para a formulação de estratégias para o cultivo do milho transgênico, com enfoque na sustentabilidade e na proteção ao meio ambiente e à biodiversidade. As principais conclusões do Workshop “Milho Transgênico: Realidade e Perspectivas” são apresentadas nesta publicação.

Antonio Álvaro Corsetti Purcino
Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

A Experiência com o Milho e Relação Custo Benefício	9
Milho Bt no MIP e Estratégias de Manejo da Resistência..	39
Plantas Transgênicas e a Biossegurança do Solo	67
Manejo de Resistência de Plantas Daninhas	74
Impactos Ambientais do Milho Bt em Organismos Não Alvo	81

A Experiência com o Milho Transgênico na América Latina e a Relação Custo Benefício

Utilização de Culturas Transgênicas na América Latina

Deise M. F. Capalbo

Embrapa Meio Ambiente, Coordenadora Projeto LAC Biosafety no Brasil, deise.capalbo@embrapa.br

Estrutura da apresentação

- 1) Plantas GM / Protocolo de Cartagena (PC) / Biossegurança
- 2) Países Parte e Não Parte
- 3) Países da LAC- “América Latina: construção de capacidade multipaíses segundo o Protocolo de Cartagena em biossegurança”
 - PC e regulamentação
 - Pesquisa, plantio, produção e uso de OGM
 - O caso do milho em cada país
- 4) Reflexões / Ponderações

Primeiramente, é importante apresentar o Projeto LAC Biosafety ao público. Ele é composto por 2 projetos colaborativos: “América Latina: Construção de Capacidade Multipaíses para atendimento ao Protocolo de Cartagena em Biossegurança” e “Comunicação e Percepção Pública para fortalecimento de Capacidades em atendimento ao Protocolo de Cartagena em Biossegurança”. Em conjunto, eles têm por objetivo fortalecer as capacidades técnicas, a percepção pública e a informação em biossegurança, segundo o Protocolo de Cartagena. Fazem parte

desse projeto quatro países - Brasil, Colômbia, Costa Rica e Peru – que ratificaram o Protocolo e são centros de origem ou diversidade de plantas de interesse socioeconômico. Cada país possui uma entidade de pesquisa que atua como coordenadora nacional e um coordenador designado, cabendo a coordenação regional ao Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Os recursos são oriundos do *Global Environment Facility* (GEF) operacionalizados pelo Banco Mundial.

As equipes técnicas são multidisciplinares e apresentam proposta de intercâmbio e fortalecimento entre países.

Para contextualizar a importância do Protocolo de Cartagena no cenário internacional e poder abordar alguns tópicos do cenário latino americano, há que se lembrar a “Agenda 21” e a Declaração do Rio, adotada em 1992, que apresentou um plano de ação para os aspectos em que o ser humano pode impactar o meio ambiente e formatou a Convenção da Diversidade Biológica (CDB) (BRASIL, 2012). O Capítulo 16 da Agenda 21 tratava do “*uso da biotecnologia de forma ambientalmente adequada*”.

A CDB é o primeiro tratado global que provê uma estrutura compreensiva que abrange todos os aspectos da biodiversidade. Nele os governos que o ratificaram reconhecem que a moderna biotecnologia tem potencial para contribuir com os objetivos da CBD desde que desenvolva e use com medidas adequadas de segurança (ambiente e saúde humana). O fórum maior de decisão é a Convenção das Partes (COP), que acolhe o Encontro das Partes (MOP, acrônimo em inglês) para discussão a respeito do Protocolo sobre Biossegurança como parte da estrutura da CDB. Esse protocolo teve sua redação finalizada em Cartagena, mas apenas no ano de 2000 foi adotado numa reunião em Montreal. Informações atualizadas e detalhes podem ser obtidos no site da CDB (<http://bch.cbd.int/protocol/>), onde pode-se encontrar também a lista dos países que ratificaram o Protocolo de Cartagena. Para fins dessa apresentação, consideraram-se como pontos positivos de um país ratificar o Protocolo, a transparência dada à tomada de decisão no assunto,

a demonstração de posição frente a um tema polêmico e a influência positiva junto ao público – percepção positiva de uma ação governamental e políticas públicas.

Já no contexto da produção de plantas transgênicas, foi mencionada a área plantada de transgênicos no mundo e em especial nos países da América Latina, foco da palestra, e algumas relações de interesse (Fig. 1, 2 e 3; Tabela 1).

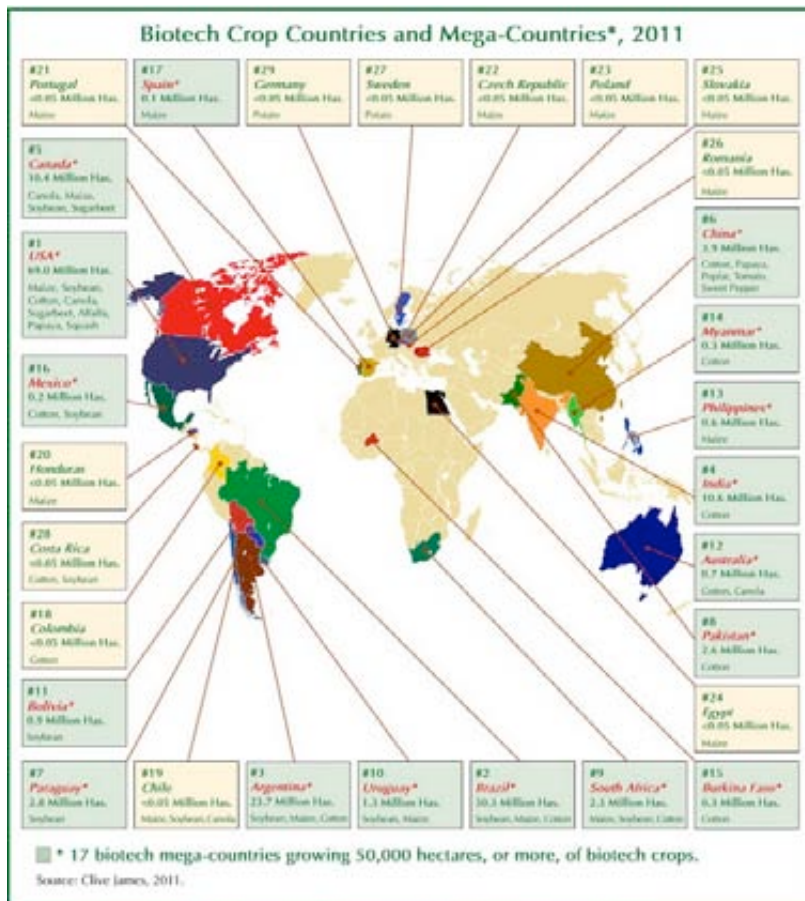


Figura 1. Países produtores de plantas transgênicas em 2011.

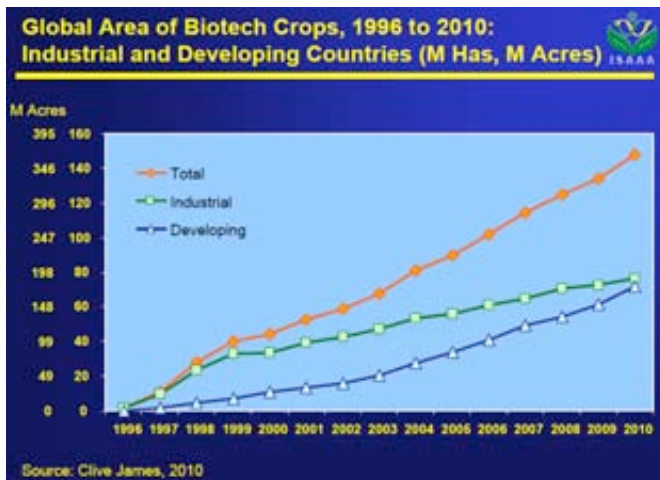


Figura 2. Área plantada de plantas transgênicas nos países industrializados, nos países em desenvolvimento e a área total.

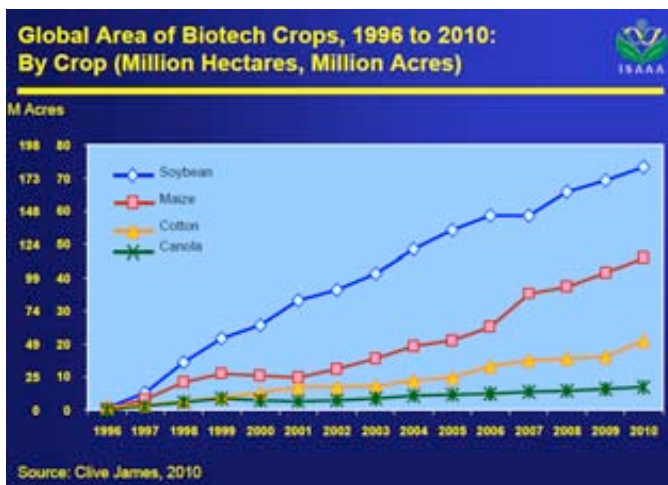


Figura 3. Área plantada de transgênicos no mundo segundo a planta transformada: soja, milho, algodão e canola.

Tabela 1. Área global de plantas transgênicas em 2011, por país (milhões de hectares).

Table 1. Global Area of Biotech Crops in 2011: by Country (Million Hectares)**

Rank	Country	Area (million hectares)	Biotech Crops
1	USA*	69.0	Maize, soybean, cotton, canola, sugarbeet, alfalfa, papaya, squash
2	Brazil*	30.3	Soybean, maize, cotton
3	Argentina*	23.7	Soybean, maize, cotton
4	India*	10.6	Cotton
5	Canada*	10.4	Canola, maize, soybean, sugarbeet
6	China*	3.9	Cotton, papaya, poplar, tomato, sweet pepper
7	Paraguay*	2.8	Soybean
8	Pakistan *	2.6	Cotton
9	South Africa*	2.3	Maize, soybean, cotton
10	Uruguay*	1.3	Soybean, maize
11	Bolivia*	0.9	Soybean
12	Australia*	0.7	Cotton, canola
13	Philippines*	0.6	Maize
14	Myanmar*	0.3	Cotton
15	Burkina Faso*	0.3	Cotton
16	Mexico*	0.2	Cotton, soybean
17	Spain*	0.1	Maize
18	Colombia	<0.1	Cotton
19	Chile	<0.1	Maize, soybean, canola
20	Honduras	<0.1	Maize
21	Portugal	<0.1	Maize
22	Czech Republic	<0.1	Maize
23	Poland	<0.1	Maize
24	Egypt	<0.1	Maize
25	Slovakia	<0.1	Maize
26	Romania	<0.1	Maize
27	Sweden	<0.1	Potato
28	Costa Rica	<0.1	Cotton, soybean
29	Germany	<0.1	Potato
Total		160.0	

* 17 biotech mega-countries growing 50,000 hectares, or more, of biotech crops

** Rounded off to the nearest hundred thousand

Source: Clive James, 2011.

Para destacar pontos relevantes que serão alvo das palestras e dos debates posteriores, serão apresentados dados de produção, área

ou contexto socioeconômico de países latino americanos, visando abordagem didática do contexto, visto que posteriormente os especialistas tratarão dos dados precisos. Aspectos de rastreabilidade, rotulagem e coexistência são importantes frente à situação econômica, política e social dos países, e foram mencionadas como base para futuras discussões, mas não são tópicos de biossegurança propriamente dita.

Assim, comentou-se o caso da Argentina, que não ratificou o Protocolo, mas que é o 3º produtor mundial de plantas transgênicas, após os Estados Unidos e o Brasil, e responsável por 15% da produção mundial desses cultivos. Ela possui uma estrutura de tomada de decisão vinculada ao Ministério da Agricultura, o que a diferencia, no quesito de aprovação, dos demais países latino-americanos. Entre as plantas aprovadas comercialmente estão a soja, o milho e o algodão. Com relação ao milho, o país já está na 4ª safra de milho com eventos empilhados ("stack") que são aprovados com base nas análises e aprovação dos eventos em separado. Hoje, cerca de 86% da área plantada é de transgênicos, e a extensa adoção do milho resistente a inseto indica as dificuldades do agricultor, nessa cultura, para combater tais pragas. Diferentemente do caso da soja, que até o momento tem prevalência para a característica de tolerância a herbicida.

Para o Brasil, a relação área plantada/área total de cada cultura é de aproximadamente 85% da área para a soja, 75% da área para o milho e cerca de 28% da área para o algodão. Já foram aprovados comercialmente cultivos de soja, milho, algodão e mais recentemente (setembro/2011) o de feijão. Feito o destaque para um cultivo desenvolvido por empresa pública e que é produzido para alimentação humana como item da cesta básica. A evolução da área plantada com transgênicos no Brasil é apresentada abaixo (Tabela 2):

Tabela 2. Área ocupada com culturas transgênicas no Brasil (milhões de ha).

Cultura	2008/09	2009/10	2010/11
Algodão	0,4	0,13	0,25
Milho	1,4	4,68	7,30
Soja	14,0	16,50	18,10
TOTAL	15,8	21,31	25,65

Fonte: Serviço Internacional para Aquisição de Soluções em Agrobiotecnologia (ISAAA)

Para o caso do milho, no Brasil, foi mencionado o aumento de versões transgênicas de cultivares ano a ano, a variação no mercado de sementes e a disponibilidade de cultivares não transgênicos. As cultivares que estão no comércio, suas principais características e recomendações são apresentadas no endereço eletrônico <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>. E a evolução da área de produção de milho após sua aprovação comercial no Brasil é apresentada na Figura 4.

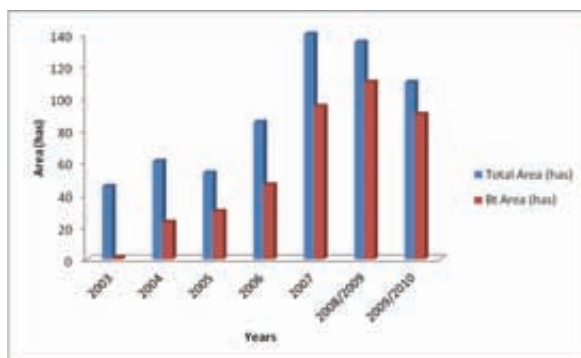


Figura 4. Evolução das áreas (hectares) de plantio, no Brasil, para milho (total e para milho resistente a inseto – Bt).

Fonte: James (2011)

Outros casos foram apresentados e seu destaque respectivo indicado (ver Quadro 1 - Resumo).

Quadro 1. Considerações e exemplos destacados durante a apresentação da palestra (Resumo).

País	Item de destaque para regulamentação	Outro item ou cultivo de destaque para o país
Colômbia	Estrutura de aprovação inclui 3 comitês interministeriais (7 entidades) que respondem pela avaliação e aprovação.	Aprovadas flores transgênicas para plantio comercial
Costa Rica	Eventos “stack” são considerados novos eventos e têm que ser avaliados sob protocolo completo. Aprovação apenas para multiplicação.	Importa alimentos que podem conter produtos da biotecnologia.
Guatemala	Não produz planta GM É centro de diversidade para várias espécies, inclusive milho.	Estrutura de pequenos agricultores e grupos étnicos. Relevância histórica e social.
Honduras	Único país da América Central que permite teste em campo e produção comercial de transgênicos	Produz milho transgênico para consumo interno e exportação
México	Milho é o assunto polêmico (até recentemente). Todas as plantas em estudo atualmente foram desenvolvidas fora do país.	Não há aprovação comercial, só estudos até escala piloto. As variedades nativas são vistas com atenção especial pelos leigos e pelos cientistas.
Nicarágua	Não planta transgênicos.	Recebe alimentos/auxílio de países que produzem transgênicos.
Peru	Centro de diversidade da batata.	Batata tem importância social, cultural e econômica.
Venezuela	Não pode plantar transgênicos para qualquer que seja o uso.	Não há produtos transgênicos comerciais.

Destaques apontados durante a apresentação:

- Estrutura da aprovação e formato da regulamentação;
- Importância do uso do cultivo (alimento básico da dieta; importância cultural, espiritual);
- Confiança do público em quem realiza as avaliações, em quem fala sobre o tema, em quem apresenta e oferece informações substanciadas;
- Formato, tamanho e grau de influência dos elos da cadeia produtiva;
- Capacidade de realização de pesquisa, extensão e inserção nos mercados.

Ponderações para o caso do milho

Em resumo, três aspectos influenciarão o desenvolvimento futuro desta tecnologia no Brasil:

- a) o **prejuízo** potencial causado pelos **insetos-praga** passíveis de serem controlados com o uso de cultivares transgênicas. Este aspecto envolve o potencial de produção das lavouras e a intensidade normal de ataque das pragas;
- b) o **preço** do milho no mercado que, combinado com o item a), conduz ao prejuízo financeiro causado pelo ataque das pragas;
- c) o **diferencial de custo** entre as cultivares transgênicas e convencionais. O preço incrementado pelo diferencial do custo do evento transgênico está sob o controle das empresas licenciadoras.

Ponderações de ordem geral:

Regulamentação – ferramenta útil, se houver capacidade técnica para gerar e analisar dados de pesquisa;

Capacidade técnica – multidisciplinar e integração de discursos. Por exemplo, estamos preparados para analisar o milho tolerante à seca?

Política pública – regulação e incentivo à pesquisa e desenvolvimento;

Aspectos culturais e econômicos – exigem comunicação adequada às características locais. A geração de dados precisa ser científica e gerada em setor que conte com percepção positiva.

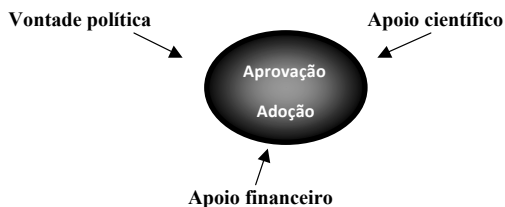
A adoção futura de variedades GM dependerá de três principais fatores:

Estabelecimento e operação efetiva de sistemas adequados de **regulamentação** responsáveis e custo-tempo eficazes.

Forte **vontade política** e apoio financeiro para o desenvolvimento e a adoção de variedades GM que possam contribuir para um fornecimento acessível e seguro de fibras e alimentos para humanos e animais; Um **fornecimento** contínuo e em expansão de variedades GM adequadas para **satisfazer as necessidades prioritárias** da sociedade, especialmente em países em desenvolvimento

Resumo dos pontos a considerar

Importância de sistemas eficazes e responsáveis de regulamentação



Referências

AGROANALYSIS. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, v. 32, n. 2, fev. 2012. Encarte especial: Desenvolvimento da biotecnologia.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Global**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 18 abr. 2012

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. de O. Cultivares. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/cultivares.htm>. Acesso em: 17 set. 2012.

CRUZ, J. C.; QUEIROZ, L. R.; PEREIRA FILHO, I. A. **Milho**: cultivares para 2012/2012. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>>. Acesso em: 18 set. 2012.

GLOBAL Agricultural Information Network Online. Washington: USDA, 2011. Disponível em: <<http://gain.fas.usda.gov/Lists/Advanced%20Search/AllItems.aspx>>. Acesso em: 19 set. 2012.

JAMES, C. **Global status of commercialized Biotech/GM crops**. Ithaca: ISAA, 2011. (ISAAA. Brief 43). Disponível em: <<http://www.cultura-biotech.com/wp-content/uploads/2012/02/ISAAA-Briefs-43-Executive-Summary-EMBARGOED-Until-Feb-7-2012-11-am-EST9.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2012.

Avaliação Estratégica da Introdução do Milho Transgênico na Argentina

Guillermo Eyhérbide.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina geyherbide@pergamino.inta.gov.ar

La liberación al mercado de semillas de cultivares genéticamente modificados (GM) y su adopción en Argentina a partir de 1996 significaron una gran innovación productiva en momentos en que la transgénesis estaba siendo intensamente debatida a nivel mundial. La transgénesis debe ser analizada en el contexto de su utilidad dentro de un esquema más general cuyo objetivo último es desarrollar cultivares superiores. Así la aplicación y adopción de la transgénesis depende de la naturaleza del carácter a introducir o a mejorar, de su efectividad, de los costos de desarrollo y de protección intelectual, de la aceptación por parte del mercado y las probabilidades de recuperación de la inversión en estos desarrollos genéticos. Estos aspectos poseen ponderaciones o importancias relativas diferentes según las visiones de los organismos de gobierno, del sector público, y del sector privado proveedor y usuario de la tecnología. Hacia 1996 ya existían políticas públicas que aportaron el

marco legal y normativo para promover que el sector privado incurriera en ésta tecnología. Por otra parte se contaba con una industria de semillas muy consolidada y productores agrícolas proclives a la adopción de tecnologías de punta.

A nivel mundial, sólo tres países, Estados Unidos, Brasil y Argentina, contribuyen con el 80% de los 148 millones de ha. sembradas con cultivares GM (JAMES, 2010) (Tabela 1). En Argentina, se aprobaron para maíz 16 eventos desde 1998. De ellos 5 son eventos simples de resistencia a lepidópteros, 3 de tolerancia a herbicidas, y 8 son eventos apilados que combinan resistencias a insectos y a herbicidas (ARGENBIO, 2012) (Tabla 2; Figura 1). La tasa de adopción de los cultivos GM en la Argentina ha sido aún más elevada que la de la adopción de híbridos convencionales. Actualmente el 85% del área sembrada está ocupada con híbridos GM (Figura 2). Cabe destacar que se recomienda sembrar un 10% del área como refugio. En la actualidad la mayor parte de los híbridos de maíz son resistentes a insectos o combinan resistencia a insectos con tolerancia a glifosato (ARGENBIO, 2012) (Figura 3).

Tabla 1. Área mundial cultivada con variedades genéticamente modificadas.

Ranking	País	Area (1000 x ha.)	AreaAcumulada (%)	Cultivos
1	USA	66.8	45.1	Maíz, soja, algodón, canola, alfalfa y otros.
2	Brasil	25.4	62.3	Soja, maíz, algodón
3	Argentina	22.9	77.8	Soja, maíz, algodón
4	India	9.4	84.1	Algodón
5	Canadá	8.8	90.1	Canola, maíz, soja, sugarbeet
6	China	3.5	92.4	Algodón, tomate, papaya, álamo, pimienta

Ranking	País	Area (1000 x ha.)	AreaAcumulada (%)	Cultivos
7	Paraguay	2.6	94.2	Soja
8	Pakistán	2.4	95.8	Algodón
9	Sudáfrica	2.2	97.3	Maíz, soja, algodón
10	Uruguay	1.1	98.0	Soja, maíz
	Otros	2.9	100.0	..., papa
Total		148.0	100.0	

Tabla 2. Eventos transgénicos para maíz aprobados en Argentina (Fonte: AR-GENBIO, 2012)

Característica en MAÍZ detolerancia/resistencia	Evento
Insectos lepidópteros	176
idem	MON 810
idem	BT11
idem	MON89034
idem	MIR 162
Glufosinato de amonio	T25
Glifosato	NK603
idem	GA21
Insectos lepidópteros y glufosinato de amonio	TC1507
Glifosato e insectos lepidópteros	NK603 x MON810
idem	Bt11 x GA21
Glifosato, glufosinato de amonio, e insectos lepidópteros	1507 x NK603
Glifosato e insectos coleópteros	MON88017

Característica en MAIZ detolerancia/resistencia	Evento
Insectos lepidópteros y coleópteros, y glifosato	MON89034 x MON88017
Insectos lepidópteros, glufosinato de amonio y glifosato	BT11xGA21xMIR162
Glifosato y a herbicidas inhibidores de la ALS	DP-098140-6

Eventos aprobados en Maíz 1998-2011

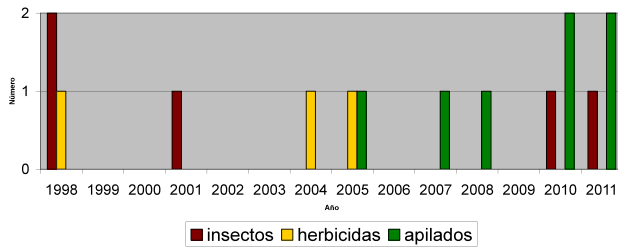


Figura 1.

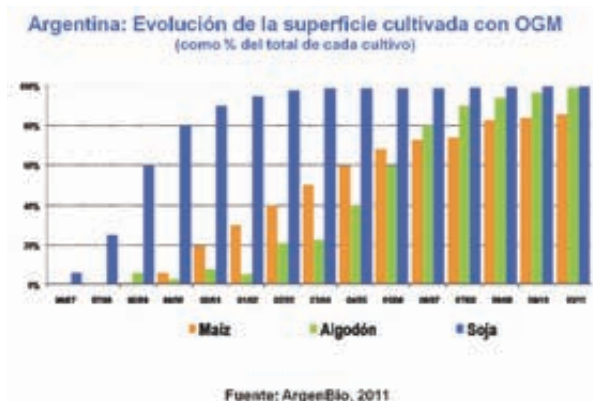
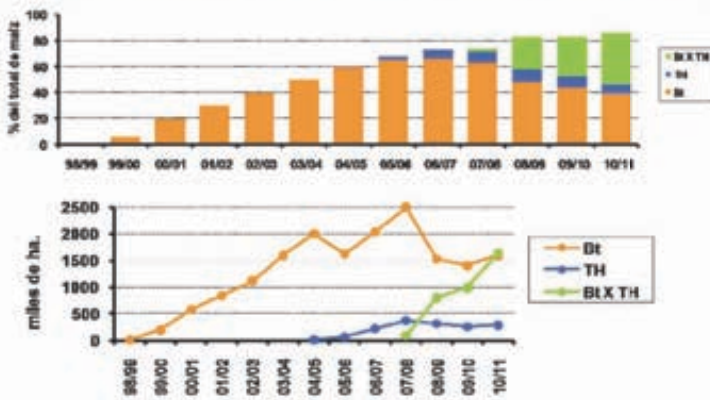


Figura 2.

Argentina: Evolución de la superficie de maíz Bt, TH y Bt X TH



Fuente: ArgenBio, 2011

Figura 3.

En los últimos treinta años, el rendimiento por hectárea viene creciendo a una tasa de 150 kg/ha/año (Figura 4), lo cual explica en gran proporción el crecimiento de la producción. Considerando arbitrariamente a la campaña agrícola 2000/01 como punto final e inicial de una década dominada por la adopción de híbridos no-OGM y otra por híbridos GM, respectivamente, se estimó la tasa de crecimiento de los rendimientos por hectárea para ambos períodos. Se estimó una mayor pendiente (158 a 185 kg/ha/año) durante la década dominada por los híbridos no-GM respecto a la posterior (73 a 108 kg/ha/año), pero en ésta última las condiciones desfavorables por estrés hídrico fueron más frecuentes. Este análisis sólo permite concluir que no hay indicios de que la transgénesis haya modificado la tasa de crecimiento de los rendimientos promedio nacionales, aunque es probable que la incorporación futura de eventos que confieran mayor tolerancia a los estreses prevalentes se reflejen en mayores aumentos de la productividad. El barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea saccharalis*, es uno de los insectos más limitantes de los rendimientos en maíz, especialmente en la región maicera templada de Argentina, mientras que en la región subtropical

Spodoptera frugiperda es otra plaga importante. Cuando se comparan versiones de híbridos transgénicos y sus respectivos isohíbridos pueden verificarse diferencias de rendimiento del 10-15% en años con ataques severos de barrenador. En un trabajo reciente (ABERTONDO, 2010) se comparó el rendimiento promedio de los híbridos Bt vs. no Bt tomando en consideración una serie 504 comparaciones, el cual reveló una superioridad promedio del 2.5% para el caso de los híbridos Bt, y que esas diferencias serían mayores en ambientes menos favorables (Figura 5). La elevada eficiencia que poseen los eventos Bt en presencia de la plaga ha posibilitado la siembra en el mes de diciembre de “maíz de segunda”, cuya factibilidad estaba limitada por la incidencia del barrenador. Otra ventaja de los híbridos Bt es la reducción de la probabilidad de contaminación por micotoxinas. Entre los tipos comerciales de maíz que produce la Argentina el denominado maíz flint o Plata, es demandado por la molienda seca de países europeos. Este mercado requiere maíces no-GM, de modo que desde 1998, fue necesario que la producción para esos mercados siguiera protocolos de producción y certificación de la condición no-GM, lo cual significó un costo adicional para el productor.

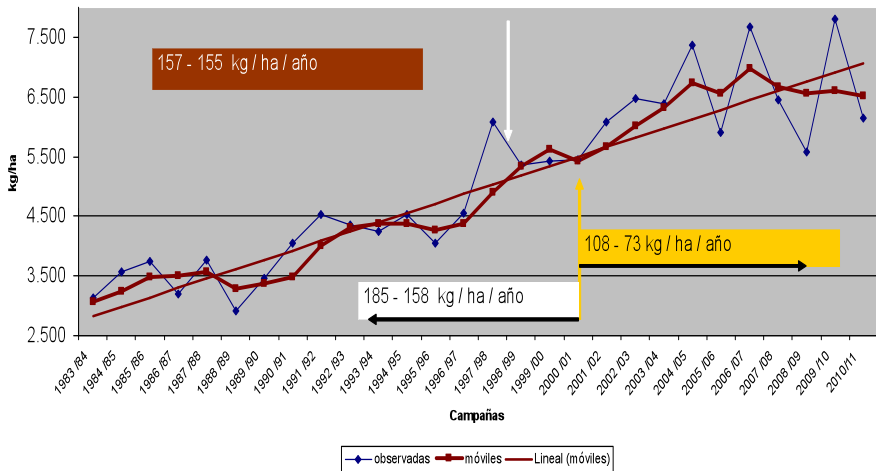


Figura 4.

Bt vs. No Bt

11 genotipos, 504 comparaciones, 2003-2009

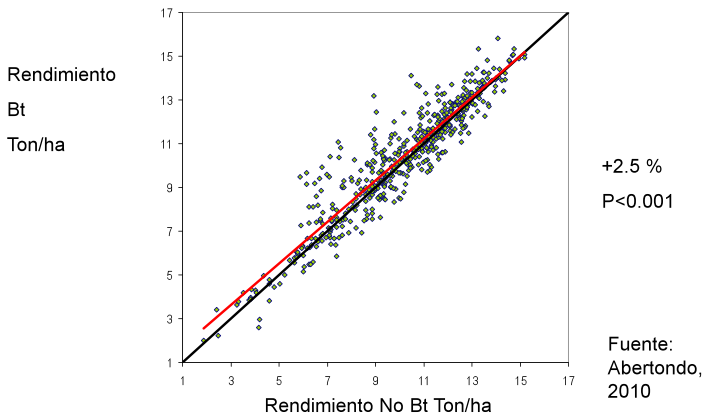


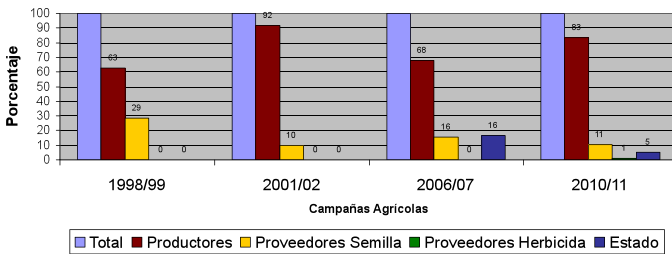
Figura 5.

El éxito previo de la soja RR y de los primeros maíces Bt contribuyó a instalar en el mercado una percepción extrema según la cual la característica transgénica de un cultivar era condición indispensable para que el mismo resultara competitivo. Sin embargo hoy los agricultores tienen a disposición híbridos transgénicos con eventos apilados que en ciertas condiciones de cultivo no resultan necesarios, o que poseen resistencia a ciertas plagas cuya importancia resulta secundaria. El número de proveedores de eventos continúa siendo reducido, configurando un mercado imperfecto, que a su vez tiende a restringir más el licenciamiento de eventos a terceras empresas. Tanto la percepción de los productores agrícolas, como la situación del mercado desde la oferta de eventos constituyen un escenario complejo para el desenvolvimiento de empresas de semilla nacionales de pequeña y mediana escala, sin eventos propios, que tienen dificultades para obtener licencias de uso y que carecen de proveedores desde el sector público o público-privado.

Algunos estudios estimaron el beneficio de los cultivares transgénicos en la Argentina (TRIGO; CAP, 2003; TRIGO, 2011). Resulta difícil

discernir cuánto de aquel beneficio es contribución *per se* de la condición transgénica, y cuál la del mejoramiento convencional. Sin embargo, el éxito de los cultivares transgénicos en la Argentina no hubiese existido sin otros desarrollos tecnológicos, como la siembra directa, y la generación de genotipos o fondos genéticos de muy buen potencial productivo, comportamiento sanitario y estabilidad donde incorporar los eventos. Trigo (2011) estimó para la campaña 2010/11 un beneficio bruto total por el uso de maíz transgénico cercano a 1700 millones de dólares, cuya distribución fue del 80% para los productores, 11% para los proveedores de semilla, 5% para el Estado y 1% para los proveedores de herbicidas (Figura 6). Debe mencionarse, además, el impacto ambiental favorable que ha tenido la adopción de los híbridos GM por la reducción del empleo de herbicidas de mayor efecto contaminante, de insecticidas, y la mayor adaptación a sistemas de producción bajo siembra directa, que requieren menor consumo de combustibles fósiles.

Distribución del beneficio por Adopción de Maíz GM en Argentina



Fuente: A partir de Trigo E. (2011)

Figura 6.

La utilización futura de la transgénesis será, probablemente, más frecuente y necesaria. Sin embargo la plena verificación a campo de su beneficio potencial requerirá el fortalecimiento de programas de mejoramiento que generen genotipos con el fondo genético adecuado donde introgresar los futuros eventos. La importancia de la transgénesis justi-

fica implementar estrategias que mejoren la inversión en investigación y desarrollo a nivel nacional y regional, así como acelerar, sin desmedro del cumplimiento de aspectos regulatorios, la incorporación de avances tecnológicos generados externamente. Se requerirá la preservación de un entorno normativo que reconozca la propiedad intelectual y el justo beneficio comercial, sin omitir medidas para mitigar las imperfecciones del mercado, resguardar el acceso a los mercados externos, y promover que instituciones públicas de Ciencia y Tecnología adquieran capacidades tecnológicas propias y que coordinadas con terceros permitan en su ámbito el desarrollo e incorporación de nuevos eventos a escala comercial.

Referências

ABERTONDO, V. Mejoramiento del cultivo de maíz: tecnologías y tendencias. In: CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ, 9.; SIMPOSIO NACIONAL DE SORGO, 2010, Rosario. **Proceedings...** Rosario: AIANBA, 2010.

ARGENBIO - Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Buenos Aires, 2012. Disponível em: <<http://www.argenbio.org.ar>>. Acesso em: 19 set. 2012.

JAMES, C. **Global status of commercialized Biotech/GM crops**. Ithaca: ISAA, 2010. (ISAAA. Brief 42). Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/42/download/isaaa-brief-42-2010.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2012.

TRIGO, E. J.; CAP, E. J. The impact of the introduction of transgenic crops in Argentinean agriculture. **AgBioForum**, v. 6, n. 3, p. 87-94, 2003.

TRIGO, E. **Quince años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina**. Buenos Aires: ArgenBio, 2011. 52 p.

Inovação Tecnológica e Controle de Mercado de Sementes Transgênicas de Milho

João Carlos Garcia

Rubens Augusto de Miranda

Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

joao.garcia@embrapa.br

Rubens.miranda@embrapa.br

Economia do uso de novas tecnologias

A escolha racional do agricultor quando decide pela adoção de uma nova tecnologia colocada à sua disposição está baseada em aspectos como: aumento da produtividade; redução dos custos de produção e aumento da produção por diminuição das perdas causadas no processo de produção. De um modo geral, o agricultor busca primordialmente o aumento no lucro obtido em suas lavouras, mas aspectos como a facilidade operacional e a disponibilidade dos insumos que necessita também têm grande importância no processo de decisão.

Estes aspectos estão presentes nos dois eventos dominantes na tecnologia dos transgênicos. No caso da tolerância aos herbicidas (principalmente a Glifosato) os aspectos relevantes são: redução de custos e a facilidade operacional. No caso da resistência a pragas são: diminuição das perdas e, novamente, facilidade operacional. Em nenhum dos casos o aumento da produtividade foi um objetivo primário, apenas surgiu como consequência do controle de causas que impediam as plantas de expressarem o seu potencial produtivo, pois as cultivares transgênicas diferem pouco de suas versões convencionais em termos de produtividade potencial. Na verdade, são geneticamente muito semelhantes.

Por outro lado, embora possam apresentar vantagens em termos de aproveitamento do potencial de produtividade agrícola, os eventos transgênicos podem ter valores para os agricultores, sendo que estes valores são condicionados por fatores como: dano potencial (em per-

centual de redução de produção) a ser evitado; produtividade potencial do sistema de produção em uso pelo agricultor; preço do produto agrícola em que o evento foi inserido; custo do tratamento (ou mesmo evento transgênico) alternativo e eficiência do tratamento (ou evento) alternativo. Esta situação é semelhante ao que acontece no mercado de híbridos duplos, triplos e simples de milho. Desta forma, é de se esperar que os eventos transgênicos sejam adotados principalmente por agricultores que utilizam sistemas de produção de maior potencial produtivo, nos quais os eventos transgênicos tenham custos competitivos com relação às alternativas existentes com eficiência semelhante ou possibilitem facilidade operacional mais eficiente do que os métodos alternativos.

Adoção do milho transgênico no Brasil

A safra de milho 2011/12 é a terceira em que a disponibilidade de sementes transgênicas de milho é relevante em termos de ampla disponibilidade para os agricultores. Nesta safra, o uso de sementes transgênicas em relação às sementes convencionais passou de 35,64% (no verão de 2009/10) para 72,70% (no verão de 2011/12), indicando um domínio desta tecnologia no mercado de sementes. Na safrinha, o percentual de sementes transgênicas passou de 40,84% (em 2010) para 69,61% (em 2011), com uma estimativa (os valores ainda não são definitivos) de atingir 79% na safrinha colhida em 2012. Algumas características verificadas neste crescimento do uso indicam maior participação dos eventos, principalmente Bt, em regiões com agricultura comercial, com uso de sistemas de produção com maior potencial produtivo (agricultores com disposição para pagar um maior valor pelas sementes transgênicas) e onde o problema representado pelo ataque de lagarta-do-cartucho é mais elevado (o Rio Grande do Sul, onde este problema se verifica em menor gravidade, é o estado com menor adoção de cultivares transgênicas, considerando-se os estados maiores produtores). Por outro lado, a safrinha, onde predominam as lavouras comerciais, sempre apresenta maior percentagem de uso dos cultivares de milho transgênicos.

As situações acima se referem à participação relativa dos eventos transgênicos no que tange a venda de sementes. Na safrinha, onde predomina a agricultura comercial, as plantações são realizadas quase que exclusivamente por sementes compradas, o que não é verificado quando nos referimos à safra verão. Nesse sentido, considerando-se a área total plantada com milho que inclui além das lavouras plantadas com sementes comerciais (a situação relatada no parágrafo anterior) e as lavouras plantadas com sementes salvas pelos agricultores, o percentual de uso de sementes transgênicas cai nos plantios de verão para cerca de 53,5% (na safra de 2011/12). Esta situação se deve à grande área com milho plantado no Nordeste do Brasil, que utiliza principalmente sementes salvas pelos agricultores, ou de variedades distribuídas por programas governamentais.

A Concentração no Mercado e Inovação

A evolução dos transgênicos no mercado do milho e em outros mercados de commodities agrícolas, como a soja, reflete uma situação em que investimentos consideráveis foram realizados e em que as empresas detentoras dos direitos patentários relativos a eles tentam se apropriar de parte dos benefícios como forma de ressarcir os seus gastos em P&D. A maior concentração do mercado facilita este processo, ao permitir o aumento de participação no mercado, o controle de preços dos produtos derivados da inovação e, no limite mesmo, a imposição de padrões tecnológicos que incluam o uso de sua inovação.

No caso do mercado de sementes de milho no Brasil, existe uma preocupação com o fato de que o domínio da tecnologia dos transgênicos possa conduzir a uma maior concentração deste mercado. Entretanto, o mercado de sementes de milho já possui um grau de concentração elevado, decorrente da predominância de cultivares híbridas (que para o seu desenvolvimento necessitam de um investimento em ações de pesquisa), e também gastos em atividades de marketing e em programas de qualidade de sementes e pós-vendas. Desta forma, embora a tecnologia dos transgênicos possa agravar esta situação de concentração do

mercado, a mudança principalmente pode se verificar com relação às empresas participantes, com a redução na participação das empresas menores, que já não detinham parcela considerável do mercado. Um indicador da concentração de mercado pode ser o valor dos produtos, no caso, sementes de milho, com esta inovação embutida. É de interesse da(s) empresa(s) dominante(s) exercer algum controle nos preços de seus produtos. Embora o espaço de tempo decorrente da introdução desta tecnologia ainda seja curto no Brasil, não existe uma tendência clara de as sementes de milho transgênicas estarem com o seu diferencial de preços em relação às convencionais se elevando. Isto indica que existe uma concorrência de preços, mesmo entre as poucas empresas que têm acesso à tecnologia dos transgênicos e ainda se mantêm no mercado.

Com relação aos preços das sementes, o efeito mais marcante se verifica na redução dos preços das sementes convencionais, o que demonstra sua menor aceitação no mercado, ou também na direção deste tipo de sementes para aquelas de menor valor de mercado, como os híbridos duplos e as variedades.

Outro indicador do controle de mercado é a intensidade de pesquisa de novos produtos. Neste caso, verifica-se uma redução no número de cultivares novas que estão sendo disponibilizadas pelas empresas (14 em 2011/12 em comparação com 22 em 2010/11, todas elas transgênicas). O fluxo contínuo de novas cultivares com maior potencial de produtividade é o que garantirá o crescimento da produtividade das lavouras. Esta situação pode indicar uma menor ênfase das empresas em investimentos com vistas ao melhoramento de plantas para a elevação do potencial produtivo.

Para finalizar, o tipo de eventos utilizados no milho no Brasil são principalmente as cultivares transgênicas com Bt, com poucas cultivares com eventos estaqueados (seja com diferentes Bts ou Bts + RR). Considerando-se que esta é a terceira safra, esta transição, caso ocorra, deve se verificar nas próximas safras.

Visão para o futuro

Um aspecto importante é que a partir dos próximos anos as patentes que garantem alguma exclusividade a um número restrito de empresas no que diz respeito ao acesso à tecnologia dos transgênicos começam a expirar, permitindo um maior acesso por outras empresas a esta tecnologia.

Uma forma de as empresas manterem a sua participação dominante (derivada da inovação) no mercado e daí usufruir renda, seria a manutenção de um fluxo contínuo de inovações protegidas, pois, com o vencimento do período de proteção das patentes se aproximando, a barreira de proteção contra a participação de novos concorrentes se reduz à que existia antes do surgimento dos transgênicos. Nesta situação de quase igualdade, as diferenças oriundas do melhoramento tradicional (basicamente produtividade agrícola) voltam a ser prioritárias para a diferenciação das cultivares de milho no mercado.

É certo que os RR e Bts representam a primeira fase dos transgênicos com ampla adaptação. Afinal, tratam de problemas comuns à maioria das plantas cultivadas. Com esta característica de ampla adaptação, espera-se a vinda dos produtos com resistência à seca, já prometidos. Fora isto, restam novos produtos com a mesma finalidade (resistência a novos herbicidas, Bts mais específicos, estaqueamentos de mais eventos relativamente similares, etc.), que têm pouca chance de repetir o desempenho dos transgênicos de primeira geração. Neste caso, somente uma posição firme em aspectos tradicionais do melhoramento genético permitirá a manutenção da parcela dominante de mercado.

A segunda fase seria de produtos com valor adicionado. Os problemas a serem atacados seriam mais específicos e direcionados para a produção de atributos não tão gerais como os da primeira fase, mas relevantes em determinadas situações. A terceira onda seria de plantas capazes de produzir fármacos, ou outros produtos além dos tradicionais alimentos e fibras: as biofábricas. Em ambos os casos, a capacidade de identificar produtos que realmente apresentem interesse para indústrias

processadoras ou para determinado nicho relevante de mercado é o fator decisivo, assim como a capacidade de gerar modelos de negócio que atendam aos desejos dos interessados.

O que aconteceu e o que se pode fazer

No final destes três anos de introdução no mercado das cultivares de milho transgênicas, nota-se que o mercado de sementes de milho mostra sinais de maior concentração. Porém, este mercado já era concentrado em menor grau e a concentração ocorreu antes dos transgênicos. Ela é antiga no mercado de sementes de milho, iniciando-se pela possibilidade de hibridação e é uma forma indireta de proteção que possibilita a remuneração condizente com os gastos realizados na obtenção das novas cultivares. A concentração manteve-se como resultado dos esforços de pesquisa gerado por algumas empresas que resultaram na substituição dos tipos de milho mais usados (híbridos triplos substituindo os duplos e sendo substituídos pelos simples) e pela busca de padrões de qualidade mais elevados das sementes, além de ações de marketing que reforçaram a imagem destas empresas junto aos agricultores. Ao mesmo tempo, o maior direcionamento para o mercado das lavouras de milho no Brasil gerou uma classe de produtores preocupados com a rentabilidade de suas lavouras e com os ganhos de produtividade como forma de melhorar esta rentabilidade.

O acesso à tecnologia dos transgênicos somente vem reforçar a concentração, pois se verifica que existe uma tendência de os eventos serem compartilhados por um grupo reduzido de empresas que têm posturas de mercado muito semelhantes, no que diz respeito à qualidade das sementes e às ações de marketing. Empresas que não conseguem acompanhar este posicionamento são colocadas à margem do processo.

A estas empresas marginalizadas, resta acompanhar o processo de expiração das patentes e se preparar para um mercado de genéricos que pode se estabelecer. Além introdução dos transgênicos, cuja patente expirou aspectos comerciais semelhantes aos empregados pelas empresas líderes, os eventos deixam de se constituir em diferencial, aspectos de qualidade, de potencial produtivo e de atendimento aos consumido-

res continuam como potenciais diferenciadores. O desenvolvimento de novas cultivares dentro de padrões de qualidade adequados continua importante, pois será o diferencial em uma situação de maior quantidade de tecnologias em domínio público.

Às empresas públicas ou privadas de melhoramento genético voltadas para o atendimento de empresas sem programa de melhoramento cabe acompanhar o cenário tecnológico, prospectando ações das empresas líderes e no movimento de solicitações de proteção de tecnologias por essas empresas para verificar o possível diferencial econômico dos novos eventos e como ações adequadas podem ser efetuadas como forma de proteção à sua área de atuação.

Posição do Ministério da Agricultura com Relação ao Milho Transgênico

Juliana R. Alexandre

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, Brasília, DF
juliana.alexandre@agricultura.gov.br

Os Organismos Geneticamente Modificados (OGM) apresentam material genético modificado por técnicas de engenharia genética com o objetivo de conferir características novas não obtidas por técnicas tradicionais de melhoramento genético.

A pesquisa e o uso comercial de OGM no Brasil estão regulados pela Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005, também conhecida como “Lei de Biossegurança”, a qual estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte desse tipo de organismo.

A Lei nº 11.105/05, regulamentada pelo Decreto nº 5.591, de 22 de novembro de 2005, traz em seu artigo 1º as seguintes diretrizes gerais

para a sua implementação: (i) o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia; (ii) a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal; e (iii) a observância do princípio da precaução para a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2005).

Também define as competências do Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e dos Órgãos e Entidades de Registro e Fiscalização, entre eles o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, assim como das Comissões Internas de Biossegurança (CIBIO) que funcionam no âmbito das instituições que realizam pesquisa com OGM.

De acordo com a Lei nº 11.105/05, compete ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), observadas as decisões técnicas da CTNBio e as deliberações do CNBS, a emissão de autorizações e registros e a fiscalização de atividades e produtos que utilizem OGM e seus derivados destinados a uso na agricultura, na pecuária, na agroindústria e em outras áreas afins, levando em conta as demais legislações em vigor.

Para a produção e utilização de sementes de espécies geneticamente modificadas, é necessária, além da manifestação favorável da CTNBio em relação aos aspectos de biossegurança do OGM, a prévia inscrição da cultivar no Registro Nacional de Cultivar (RNC) do MAPA, conforme estabelece o artigo 11 da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, regulamentada pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004.

Da mesma forma, a emissão do registro de produto para uso veterinário que contenha um OGM ou seu derivado depende da manifestação prévia da CTNBio, quanto aos aspectos de biossegurança, e da avaliação do setor competente do MAPA, quanto a outros aspectos relacionados ao produto, nos termos do Decreto-Lei nº 467, de 13 de fevereiro de 1969 e do Decreto nº 5.053, de 22 de abril de 2004.

A Coordenação de Biossegurança de OGM – CBIO tem amparo regimental no âmbito do Governo Federal, na Secretaria de Defesa Agro-

pecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e tem como objetivo garantir o cumprimento das regras de biossegurança das atividades comerciais e de pesquisa que utilizem organismos geneticamente modificados e seus derivados destinados ao uso animal, na agricultura, pecuária, agroindústria e áreas afins, de acordo com a legislação em vigor e segundo o regulamento da Lei de Biossegurança. Ao longo dos últimos sete anos tem cumprido a missão de implementar a legislação de biossegurança no âmbito das atividades agropecuárias buscando assim garantir a qualidade do produto do agro-negócio brasileiro para o mercado interno e, ainda, conquistar a credibilidade do mercado externo, principalmente em relação aos produtos oriundos da biotecnologia. Além disso, realiza atividades de fiscalização de rotina em obediência à legislação vigente e em resposta às decisões técnicas da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, que, segundo a lei, vinculam os demais órgãos e entidades da administração, quanto aos aspectos de biossegurança de OGM.

Esta Coordenação é responsável pelas ações de fiscalização de pesquisa com OGM no âmbito das atividades agropecuárias e em relação às atividades comerciais com OGM não autorizadas ou autorizadas com restrições, em articulação com os Departamentos que atuam na pecuária: Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, Departamento de Sanidade Animal e Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários (DIPOA/DSA/DFIP). Na área agrícola: Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Vegetal, Departamento de Sanidade Vegetal e Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas (DIPOV/DSV/DFIA), bem como com a Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial (CGAL/SDA). Nos Estados, o Serviço de Sanidade Vegetal; o Serviço de Fiscalização de Insumos Agrícolas e o Serviço de Inspeção, Saúde e Fiscalização Vegetal das Superintendências Federais de Agricultura – SFA auxiliam a execução das diretrizes traçadas pela CBIO/SDA em articulação com os Departamentos / Coordenações afins.

Em 2011, o MAPA realizou mais de 1.300 ações de fiscalização. Destas, 60% foram nas lavouras comerciais de milho e algodão, dis-

tribuídas nos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Rondônia, Santa Catarina, Sergipe, São Paulo, Piauí, Paraíba, Tocantins e no Distrito Federal. Os outros 40% representam as ações de fiscalização realizadas em áreas experimentais em campo que tiveram como foco a verificação do cumprimento das medidas de biossegurança aprovadas pela CTNBio.

Para as ações de fiscalização comercial, existem normativas que demandam ações específicas. Como no caso da fiscalização para verificar o cumprimento da Portaria nº 21/2005 que trata da zona de exclusão nas quais não se pode cultivar o algodão GM e a verificação do cumprimento da Resolução CTNBio nº 04/07 que trata das regras de isolamento espacial entre as lavouras de milho geneticamente modificado e as lavouras de milho convencional. Esta Resolução exige que as lavouras de milho transgênico sejam mantidas a uma distância de 100 metros das lavouras de milho convencional a fim de preservar a coexistência entre os dois tipos de produto. Alternativamente, pode ser mantida uma distância de 20 metros, com uma bordadura de 10 linhas de milho convencional. O cumprimento desta regra é verificado pela Fiscalização Federal Agropecuária em todos os estados produtores de milho.

Destaca-se o quanto é dinâmica a demanda da fiscalização de atividades com OGM. De 2005 a 2007, o principal fator motivador da fiscalização era o cultivo de algodão GM não autorizado. O resultado positivo da fiscalização foi verificado pela diminuição significativa das ações ilegais ao longo deste período. Após a autorização de novos eventos de algodão e milho GM, houve uma inversão no foco da fiscalização, que foi em 2008, dirigida às atividades de pesquisa em campo. As atividades de pesquisa foram prejudicadas em 2005 devido à alteração do marco legal de Biossegurança, mas aumentou gradativamente nos anos seguintes, 2008 e 2009. De 2009 a 2011, em termos numéricos, a fiscalização de atividades comerciais se destacou em relação a das atividades de pesquisa devido à introdução dos eventos de milho gene-

ticamente modificados no mercado com um condicionante relacionado ao isolamento espacial das lavouras convencionais.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento por meio da Secretaria de Defesa Agropecuária tem exercido suas atribuições legais de órgão de registro e controle em relação à legislação vigente para atividades com OGM.

Referência

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, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 mar. 2005. Seção 1, p. 1.

Grupo de Discussão

“Socioeconomia, Avaliação de Cenários e Prospecção Tecnológica”

Coordenação: Fernando H. Valicente (Embrapa Milho e Sorgo) valicent@cnpms.embrapa.br

Reladoras: Andréa A. Carneiro (Embrapa Milho e Sorgo) carneiro@cnpms.embrapa.br

Monica C. Amancio (Embrapa Sede) - monica.amancio@embrapa.br

Nomes dos participantes	E-mail
André Henrique C. Mourão	ahcm5@yahoo.com.br
Andréa Almeida Carneiro	andreac@cnpms.embrapa.br
Arthur Augusto G. Torrós	
Bárbara França Negri	
Camila da Silva Fernandes Souza	
Daniele Heloisa Pinheiro	daniele.hp@hotmail.com
Eduardo Lanza Teixeira	
Fernando Mantouvane Lanza Souza	
Gabriel Corradi Azevedo	gabriel_portoreal@yahoo.com.br
Gutemberg D.	
Hugo Caruso	hugo.caruso@agricultura.gov.br
Joice Machado Bariani	joicebariani@cnpms.embrapa.br
Karla S. Magalhães	karlasabrina@gmail.com
Lauro J. Moreira Guimarães	lauro@cnpms.embrapa.br
Luiz Carlos Almeida de Castro	
Marcelo Gravina	mgm@ufrgs.br@ufrgs.br
Márcio César Laboissieire Del Sarto	-
Marcio Deneis	
Mauro O. Fonseca	
Meire de Cassia Alves	
Michele Souza Freitas	
Orlando Valdin	
Renzo Garcia Von Pinho	renzo@dag.ufla.br
Rosane Bezerra da Silva	robsl.bio@gmail.com
Silvio Valle	valle@fiocruz.br
Sinval Resende Lopes	sinval@cnpms.embrapa.br
Tais Leite Ferreira Pinto	tais.leite@syngenta.com
Tatine T. De Melo	
Thais Barros Rodrigues	thaisbarros_bio@posgrad.ufla.br

A tecnologia de transgênicos não se limita apenas à introdução e manipulação intra-específica de caracteres de valor agrônômico. Mas possibilita também a manipulação de sequências gênicas de diversas origens *in vitro*, gerando combinações novas e permitindo o desenvolvimento de microrganismos, plantas e animais modificados de interesse para as indústrias alimentícia, química e farmacêutica. Por isso, tem ocorrido um processo de competição no campo da biotecnologia para se obter proteção intelectual (PI) para a utilização de genes e mecanismos dos mais diversos processos biológicos. Durante a discussão do grupo de “Socioeconomia, Avaliação de Cenários e Prospecção Tecnológica”, um dos problemas levantados foi a existência de um grande número de patentes relacionadas aos conhecimentos necessários para a produção de uma planta geneticamente modificada. Como resultado do processo de proteção legal de regiões regulatórias de genes e processos biológicos de grande interesse agrônômico, tem-se tornado impossível a livre utilização desses elementos no desenvolvimento de produtos biotecnológicos de interesse. Esta situação é preocupante, uma vez que os entraves existentes para a utilização desta tecnologia dificultam a competitividade e sustentabilidade da agricultura.

Vários questionamentos surgiram sobre o tema PI. Por exemplo, (i) qual a diferença mínima para se concluir que genes que codificam para uma mesma proteína são diferentes; (ii) a importância ou não de se respeitar os direitos das patentes; (iii) o investimento em geração de novas patentes e novos produtos com atividade inventiva.

Foi consenso geral entre os participantes que existe uma concentração excessiva do mercado de milho com as multinacionais. Também foi externada a preocupação com que pequenos e médios agricultores brasileiros estão sendo alijados do processo tecnológico, por causa do alto preço cobrado pela utilização da tecnologia do milho transgênico. Buscando solucionar este problema, representantes da indústria sementeira sugeriram que a Embrapa pressionasse as multinacionais a negociarem, com o argumento de que os pequenos e médios produtores de

milho não iriam competir no mesmo nicho. Além disto, foi sugerido que houvesse negociações entre empresas brasileiras de pesquisa e multinacionais para a utilização dos produtos e conhecimentos patenteados.

Todos concordaram com a necessidade de uma tomada de atitude para que as pequenas e médias empresas tenham acesso a tecnologia de transgênico, e que a Embrapa deve ter um papel decisivo nesta área. É muito importante que novas tecnologias para a produção de milho transgênico visando o controle de doenças e/ou pragas sejam desenvolvidas pelo setor nacional, e para tanto deve haver uma concentração de esforços e recursos financeiros nestes projetos.

A Embrapa está tentando resolver o problema usando soluções distintas. Um primeiro caminho é negociar eventos transgênicos pertencentes às multinacionais para serem transferidos para as suas cultivares de milho. Um segundo caminho é a intensificação de suas pesquisas, em diferentes áreas, no sentido de gerar tecnologia nova que poderá ser utilizada para a produção de milho transgênico tolerante a diferentes estresses bióticos ou abióticos.

Também foi consenso entre os participantes da discussão que é preciso haver uma ação do governo brasileiro para defender os interesses nacionais. Uma alternativa discutida foi o estabelecimento da licença compulsória para utilização dos genes de interesse que estão protegidos por patentes. Entretanto, é importante levar em consideração que essa alternativa é bastante difícil de ser utilizada pelo Brasil. Tendo em vista o aspecto político, uma reunião deveria ser agendada entre representantes do Ministério da Agricultura, da Embrapa, dos produtores de semente de milho e das multinacionais com o objetivo de iniciar uma discussão política, que busque alternativas para combater os problemas identificados pelo grupo. Estes problemas não são restritos ao Brasil, mas estão também presentes em outros países da América do Sul, como na Argentina e no Paraguai. Portanto, o grupo sugeriu que fossem discutidos também em nível regional, inclusive junto ao *International Maize and Wheat Improvement Center* (CYMMIT).

Visando implementar algumas das sugestões deste grupo de discussão, a coordenação do projeto LACBiosafety ficou responsável por articular a reunião sugerida pelo grupo de trabalho.

Milho Bt no MIP e Estratégias de Manejo da Resistência

O Papel do Milho *Bt* no Manejo de Pragas no Brasil

José M. Waquil

RIT DA/SBDA/CNPq - Sete Lagoas, MG

jmwaquil@gmail.com

Nos últimos 50 anos, a cultura do milho passou por várias modificações no Brasil. Até os anos 60, era uma cultura de subsistência, com baixo uso de tecnologia e rentabilidade financeira instável no mercado. O milagre econômico brasileiro, nos anos 70, promoveu um avanço significativo na agricultura. O uso dos corretivos permitiu a recuperação da fertilidade dos solos e o uso da mecanização permitiu o aumento das áreas cultivadas com grãos. Paralelamente, surgiu uma alta demanda por grãos forrageiros pela cadeia da produção animal, em função dos avanços na avicultura, suinocultura e bovinocultura. Tudo isso potencializou a cultura do milho como uma “commodity” agrícola para o mercado brasileiro. A partir dos anos 80, o melhoramento dos híbridos comerciais e das semeadoras, o uso da irrigação e principalmente a adoção do plantio direto, usando herbicidas, associada à sucessão da cultura do milho após a soja precoce ou safrinha, não só permitiram um ganho significativo em produtividade, mas também a redução da sazonalidade no abastecimento de grãos, dando maior sustentabilidade ao mercado. Na virada do século 20, a maior demanda do mercado internacional

incluiu o milho na pauta de exportação brasileira e, desde então, ele tem sido uma cultura comercial rentável e tem atraído investimentos em tecnologia e melhorias no manejo cultural. Essa evolução despertou a atenção dos produtores para a melhora no manejo de pragas e doenças. As pragas, principalmente as lagartas, passaram a ter maior importância, demandando mais tecnologias eficientes para seu controle.

A complexidade do agroecossistema envolve a interação de inúmeros fatores bióticos e abióticos. Mesmo se forem destacadas apenas duas dezenas de espécies de artrópodes, associadas ao milho no campo, já se torna difícil analisar todas as interações possíveis. Nessa pequena comunidade, é possível enumerar uma série de espécies-pragas e inimigos naturais que diretamente afetam o sistema de produção, como também são diretamente afetados pelas práticas agrícolas. Entre as pragas, devem ser destacadas as seguintes espécies que podem danificar partes da planta no campo: sementes – larva-aramé e larva-peludinha; plântulas - lagarta-elasmó, cigarrinha-das-pastagens e os percevejos barriga-verde; sistema radicular - diabrotícas; cartucho - lagarta-do-cartucho; colmo - broca-do-colmo; espiga - lagarta-da-espiga e as que transmitem fitopatógenos - cigarrinha-do-milho e pulgão-do-milho. Nessa comunidade podem ser incluídos, ainda, seus principais inimigos naturais que contribuem para o equilíbrio populacional desses herbívoros. Destacam-se pela frequência e/ou abundância a tesourinha, os percevejos dos gêneros *Orius* e *Geocoris*, os chrysopídeos, as joaninhas, várias espécies de parasitoides de ovos, larvas e pulgões, predadores generalistas, como louva-deus e aranhas, além de entomopatógenos, como vírus, bactérias e fungos. Portanto, o reconhecimento de todas essas espécies, o entendimento do papel de cada uma nessa teia alimentar, bem como suas interações com os fatores abióticos do agroecossistema são fundamentais para se fazer o monitoramento e o manejo de pragas.

O milho *Bt*, comercializado no Brasil, expressa, em seus tecidos, proteínas obtidas da bactéria *Bacillus thuringiensis* e tem como pragas-alvo as espécies da ordem Lepidoptera que atacam o milho. Entre essas espécies, já se conhece a eficiência do milho *Bt* no controle da lagarta-elasma, da lagarta-do-cartucho, da broca-do-colmo e da lagarta-da-espiga. Por outro lado, tem sido notificada a ineficiência das atuais proteínas expressas no milho contra alguns lepidópteros-praga de ocorrência esporádica no milho, como a lagarta-do-trigo. Outra espécie que esporadicamente ocorre no milho é o curuquerê-dos-capinzais, *Mocis latipes*, mas pouco se sabe sobre a atividade do *Bt* sobre essa espécie. Entretanto, a praga que os produtores de milho consideram chave na cultura é a lagarta-do-cartucho, pois, além de sua ocorrência todos os anos atacando o milho, o sorgo e o milheto, em toda a zona tropical das Américas, é uma espécie de difícil controle pelos métodos convencionais.

O principal papel do milho *Bt* no manejo de pragas é reduzir os danos causados pelas lagartas. Indiretamente, a redução da infestação leva a um menor uso do controle químico, o que aumenta a biodiversidade, podendo aumentar o controle biológico natural. Se for conveniente o uso do controle biológico para outras pragas que não são alvo do *Bt*, como os percevejos, por exemplo, a redução do uso de inseticidas é necessária. Adicionalmente, a tecnologia *Bt* potencializa a resistência natural das plantas, pois sabe-se que existe diferença de suscetibilidade entre os híbridos comerciais convencionais. Por outro lado, a resistência do milho *Bt* facilita o manejo cultural e reduz o risco de perdas devido às lagartas, permitindo ao produtor fazer outros investimentos em tecnologia. Entretanto, a utilização do milho *Bt* demanda novas práticas, como o uso da área de refúgio e o cumprimento das normas de coexistência, quando ele estiver próximo às cultivares convencionais.

Para o manejo das lagartas na cultura do milho, principalmente a lagarta-do-cartucho (LCM), o produtor tem tido mais dificuldade do que em outras culturas. As dificuldades para o controle da LCM de-

correm de fatores ligados diretamente: aos conceitos do MIP como, por exemplo, a definição dos níveis de ação; à bioecologia do inseto; ao grande efeito dos ambientes sobre o potencial produtivo da cultura e à flutuação do valor da produção (Figura 1). Sabe-se que a redução da produção devido aos danos da lagarta é proporcional ao potencial de produção da lavoura, representando um porcentual (CRUZ et al., 1996). Entretanto, esse porcentual varia em função do estágio de desenvolvimento em que a planta sofre os danos, oscilando entre 17%, nos primeiros estádios, e 34%, nos últimos estádios do desenvolvimento vegetativo (CARVALHO, 1970). O nível de ação depende também do custo de controle. Entretanto, este fator não flutua tanto para cada propriedade rural, mas varia em função dos princípios ativos utilizados. Assim, o nível de ação deve ser calculado para cada monitoramento, o que o torna pouco factível. Normalmente, se utiliza uma aproximação desses cálculos. Talvez seja interessante desenvolver uma planilha eletrônica para gerar o nível de ação em função dessas variáveis.

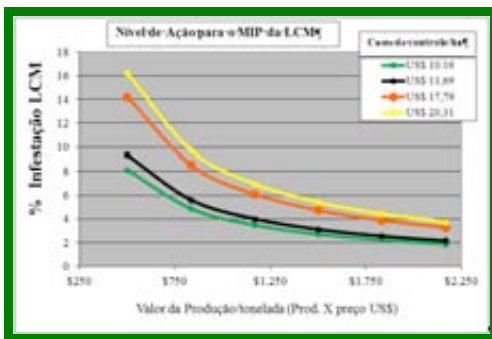


Figura 1. Níveis de ação (% infestação) para o manejo da lagarta-do-cartucho do milho (LCM) em função do valor da produção (US\$/tonelada) e custo de controle/ha.

Mesmo depois de determinado o nível de ação, há várias dificuldades para se fazer o controle eficiente da LCM pelos métodos convencionais. Inicialmente, a janela de aplicação para se evitar perdas é muito pequena. As perdas na produção de grãos, devido aos danos da LCM, ocorrem a partir do 8º dia após a infestação. Por outro lado, até o segundo instar da lagarta não se deve fazer o controle para dar oportunidade ao controle biológico natural. Portanto, o ideal é se fazer

o controle químico quando atingir o nível de ação, entre o 4º e 8º dia após a infestação para não se perder em produtividade. Assim, a eficiência dos métodos convencionais de controle fica, significativamente, reduzida pelos seguintes fatores: no campo ocorre superposição de gerações o que complica bastante essa questão da janela de aplicação; durante a fase vegetativa do milho, a cada dois dias, as folhas do cartucho se renovam, ficando sem proteção de pulverizações anteriores; após o primeiro instar, a lagarta dirige-se para o cartucho da planta, ficando cada vez mais protegida. Nos últimos instares, quando ela causa os maiores danos, a LCM fica de cabeça para baixo se alimentando no “palmito” do milho, tecido altamente protegido de contaminação, e obstrui a entrada do cartucho com seus excrementos (Figura 2). Também, a cada instar, a LCM se torna mais agressiva, canibal e robusta para enfrentar seus principais inimigos naturais, tornando o seu controle mais difícil.



Figura 2. Corte longitudinal do cartucho do milho mostrando a lagarta-do-cartucho alimentando-se no “palmito” da planta e como fica obstruída a entrada do cartucho com seus excrementos.

No campo, a competição entre as LCM é muito grande e os resultados dos métodos de controle convencionais são erráticos. Antes do uso do milho *Bt*, os levantamentos de campo indicavam que, em média, o produtor de milho fechava sua lavoura com três aplicações de inseticida para o controle da LCM. Por exemplo, na Região Oeste do Paraná, os monitoramentos de pragas nas lavouras de milho, re-

alizados pela Embrapa Milho e Sorgo entre 2002 e 2004, revelaram que mais de 60% dos produtores utilizaram o tratamento de sementes e 90% utilizaram o controle da LCM. Entretanto, foi registrado, ainda, que nos anos de 2002 e 2004, quando a infestação da LCM foi maior, apenas um município, em cada seis, apresentou média de infestação da LCM, no milho, abaixo do nível de controle (Figura 3). Portanto, nesses dois anos, embora mais de 90% dos produtores tenham utilizado método de controle da LCM, menos de 20% tiveram sucesso no controle. Devido a essas frequentes falhas no controle da LCM pelos métodos convencionais, após o lançamento do milho *Bt* no mercado brasileiro, em 2008, bastaram apenas três anos para essa tecnologia dominar o mercado, atingindo, na safra 2010/11, 44,4% no verão e 75,0% na safrinha (Figura 4). Visualmente, é muito evidente a eficiência do *Bt* em proteger as plantas dos danos causados pelas lagartas. Entretanto, experimentalmente, demonstrar o ganho em produtividade, devido a essa tecnologia, não tem sido simples e não há dados científicos publicados. Sendo a produção de grãos resultado de muitas variáveis, a obtenção de dados com um bom controle das condições de ambiente e da infestação de outras pragas, para comparar a produção de grãos de milho *Bt* e não *Bt*, tem sido um desafio.

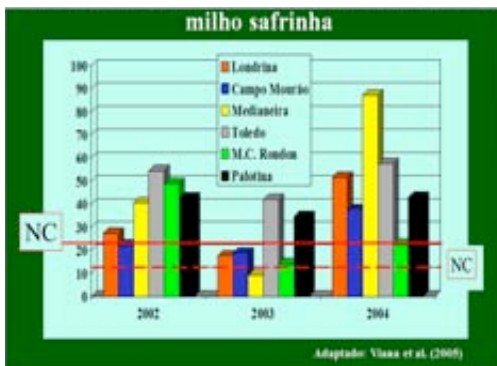


Figura 3. Média de infestação do milho safrinha pela lagarta-do-carvalho para diferentes municípios do Oeste do Paraná nos anos de 2002, 2003 e 2004.



Figura 4. Evolução das culturas geneticamente modificadas no Brasil a partir do ano 2000.

Na safrinha de 2010 e safra 2010/2011, a Monsanto conduziu um mesmo ensaio em quatro diferentes municípios brasileiros: Não-Me-Toque (RS), Rolândia (PR), Santa Cruz das Palmeiras (SP) e Sorriso (MT). Os tratamentos envolveram dois eventos (MON 810 e MON 89034), cada um em dois híbridos, além de dois híbridos convencionais. Esses tratamentos foram combinados com o MIP, ou seja, quando o monitoramento indicava o nível de ação, o controle foi realizado. Apenas em Rolândia, na safra 2010/2011, ocorreu infestação suficiente para discriminar bem os tratamentos, usando a escala de notas de danos e a produtividade de grãos corrigida para 13% de umidade. Os resultados indicaram que há uma relação direta de danos, avaliados pela escala visual de notas de Davis (zero a 10), a partir da nota 2 até a máxima observada, nota 8. A taxa de perdas variou com o estágio de desenvolvimento das plantas, variando de 35,5%, em V4, a 29,7%, em V10. A média das perdas da testemunha em relação às versões *Bt*, onde predominaram notas abaixo de 2, foi 32,6%, valor muito próximo aos dados registrados na literatura para os prejuízos causados pela LCM. Neste ensaio, as avaliações da incidência das lagartas no milho indicaram danos apenas da LCM e somente nas testemunhas. Portanto, esses dados mostram que o milho *Bt*, evento MON 89034, que não sofreu danos significativos, protege as plantas contra a LCM, reduzindo as perdas na produção.

Nos últimos anos, a cultura de milho na Fazenda Ponte Alta, no município de Capitólio, MG, tem sido monitorada quanto à incidência de pragas e produção. Numa área de várzea, com solo argiloso e altitude de 760 m, depois de vários anos sendo utilizada como pastagem, foi drenada e cultivada com arroz durante três safras. Posteriormente, em 42 ha foi instalado um pivô-central, e a área foi cultivada nas últimas safras com milho, soja e feijão. Na safra 2011/2012, dos 42 ha, 37,7 (90%) foram semeados com o híbrido de milho P30F53 Hx e 4,3 (10%) com o seu isogênico não *Bt*, como área de refúgio. Se não fosse a alta infestação natural com severos danos da LCM na área de refúgio, em contraste com o milho *Bt*, praticamente sem danos, o monitoramento dessa lavoura não teria tido tanto impacto (Figura 5).



Figura 5. Contraste de infestação do milho pela lagarta-do-cartucho entre a área de refúgio, à esquerda (danificada e amarelada) e a com milho *Bt* à direita (sem danos e mais verde).

A área de refúgio foi cultivada em duas faixas, totalizando 4,3 ha. O monitoramento foi realizado nas duas faixas de refúgio e em duas outras faixas de milho *Bt*, equivalentes e adjacentes às faixas de refúgio. Em cada faixa, os dados foram coletados em cinco pontos de amostragem, anotando-se o número total de plantas, número de plantas com danos equivalentes as notas 8 e 9 da escala de Davis (1), altura das plantas e estimativa visual da cobertura da área (%) com plantas invasoras. Os resultados indicaram uma pequena redução no estande da cultura (cerca de 5%) na área de refúgio e as plantas nessa área apresentaram uma redução significativa na altura (20%). Mas a grande diferença foi observada na taxa de infestação pela LCM, 90% das

plantas danificadas na área de refúgio contra menos de 10% de plantas com algum dano na área do milho *Bt*.

Os danos causados pela LCM na área de refúgio afetaram o desenvolvimento da cultura. Nessa área foi observado, inicialmente, um amarelimento geral das folhas durante a fase vegetativa e reprodutiva (Figura 6). Na fase de colheita, a senescência precoce, na área de refúgio, deixou a coloração palha das folhas bem mais escura do que na área de milho *Bt* (Figura 7). Além disso, na área de refúgio ocorreu uma maior germinação e crescimento de plantas daninhas, cobrindo cerca de 90% da área, em contraste com a cultivada com milho-*Bt*, com menos de 10% da área infestada (Figura 8). Seguramente, este fato ocorreu devido à redução da área foliar pelos danos da LCM, reduzindo o sombreamento da superfície do solo. Entretanto, a relevância dessa maior infestação de plantas daninhas na área de refúgio, na redução da produção de grãos, ainda está por ser determinada.



Figura 6: Área cultivada com milho *Bt* mais escura, mostrando a área de refúgio mais amarelada.



Figura 7. Área cultivada com senescência precoce das plantas danificadas pela lagarta-do-cartucho na área de refúgio em contraste com a área cultivada com o milho *Bt*.



Figura 8. Contraste na infestação da área de milho *Bt* (esquerda) e refúgio (direita) por plantas invasoras.

Os danos causados pela LCM na área de refúgio reduziram, significativamente, a produção de grãos, quando esta foi comparada à obtida na área de milho *Bt*. Nesta área, a média de colheita foi de 184 sacas/ha. Por outro lado, na área de refúgio, mesmo fazendo uma aplicação de inseticida (R\$ 18,88/ha), a produtividade foi de 149 sacas/ha. Portanto, o ganho em produtividade devido à proteção proporcionada pelo mi-

lho *Bt* foi da ordem de 23,5%. Sabe-se que as perdas provocadas pelos danos da LCM são proporcionais ao potencial produtivo da lavoura (3). Colocando em valores monetários, o ganho de 35 sacas/ha, a um preço médio de R\$ 25,00/saca, totaliza um retorno bruto de R\$ 850,00/ha. Considerando-se que neste caso se gastou R\$ 100,00/ha a mais pela semente do milho *Bt* e se economizou o custo de duas aplicações de inseticida, de três que normalmente se gasta, no valor de R\$ 37,76/ha ($2 \times R\$18,88$), o uso do milho *Bt* resultou num retorno de R\$812,76/ha ($35sc \times R\$25,00 + 2 \times R\$18,88 - R\$100,00$) ou 32,51 sacas/ha, assumindo que os demais custos de produção seriam os mesmos. Adicionalmente, o agricultor tem a garantia de não incorrer em perdas devido ao ataque de outras pragas como a lagarta-elasmó, a broca-do-colmo e a lagarta-da-espiga.

Considerando as perdas provocadas pelas lagartas na cultura do milho, os benefícios do milho *Bt*, para o Brasil, estão sendo bastante expressivos. Segundo estimativas realizadas antes da liberação do milho *Bt*, os danos causados pelas lagartas na cultura do milho eram de pelo menos 10,2%. Valor muito próximo aos 11,6% de perdas (35,7% de infestação \times 32,6% redução média da produtividade) estimadas com base na média de 35,7% de infestação levantada nos três anos de monitoramento de pragas no Oeste do Paraná (Figura 3). Considerando os últimos dados de uso do milho *Bt*, no Brasil (MENEZES et al., 2011), 44,4% na safra e 75% na safrinha, e as estimativas de colheita feitas pela Conab (2012), pode-se inferir um ganho de 10,2% nessas áreas. Assim, computando-se o valor da redução das perdas com base em R\$25,00/saca, chega-se a uma economia de mais de 1,3 bilhões de reais, somente na safra e safrinha de 2011/2012, sem considerar os ganhos indiretos. Essa economia foi distribuída entre os diferentes elos da cadeia produtiva. Obviamente, essas são estimativas preliminares e novos trabalhos mais detalhados precisam ser conduzidos visando uma melhor aproximação dos benefícios proporcionados pelo uso do milho *Bt*.

Referências

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Estimativa de produção de milho para as safras 2011/2012**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_11_09_15_03_02_boletim_2o_levantamento_safra_2011_12.pdf>. Acesso em 30 abr. 2012.

CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuação populacional, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo**. 1970. 170 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CIMILHO. Centro de Inteligência de Milho. **OGM mais caro**. Sete Lagoas, 2009. Disponível em: <<http://cimilho.cnpms.embrapa.br/inicio/mostranoticia.php?codigo=575>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELLOS, C. A. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 293-297, 1996.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scale for screening whorl stage corn for resistance to fall armyworm**. Mississippi State: Mississippi State University, 1992. (Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station. Technical Bulletin, 186).

FERNANDES, O. D. **Efeito do milho geneticamente modificado (MON 810) em *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e no parasitóide de ovos *Trichogramma* spp.** 2003. 164 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Departamento de Entomologia, ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LEITE, N. A.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; PEREIRA, E. J. G. **Milho *Bt* no Brasil**: a situação e a evolução da resistência de insetos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 133).

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M. **Uso do milho *Bt* no manejo integrado de lepidópteros-praga**: recomendações de uso. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 170).

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A. Pragas: manejo integrado de pragas em lavouras plantadas com milho geneticamente modificado com gene Bt (Milho Bt). In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/milhoBT.htm>. Acesso em: 17 out. 2011.

MENEZES, L.; CUNHA, J.; BISINOTTO, F.; ATTIE, J. **Relatório de biotecnologia**. Uberlândia: Céleres, 2011. 7 p.

VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M.; VALICENTE, F. H.; CRUZ, I. Monitoramento de pragas de milho safrinha nas regiões norte e Oeste do Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 2.; SIMPÓSIO SOBRE COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA, 1., 2006, Belo Horizonte. **Inovação para sistemas integrados de produção**: trabalhos apresentados. [Sete Lagoas]: ABMS, 2006. 1 CD-ROM.

WAQUIL, J. M. Manejo fitossanitário e ambiental: milho transgênico *Bt* e resistência das plantas ao ataque da lagarta-do-cartucho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2005, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2005. p. 117-131.

WAQUIL, J. M. Manejo de resistência em insetos-praga. In: PIRES, C. S. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R. (Ed.). **Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas**: o algodão resistente a insetos como estudo de caso. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: CNPq, 2003. p. 135-162.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (*Bt.*) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidóptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.

Manejo da Resistência de Insetos-Praga em Milho Transgênico

Celso Omoto; Eloisa Salmeron; Oderlei Bernardi & Juliano Ricardo Farias

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Av. Pádua Dias, 11, 13418-900 Piracicaba-SP
celso.omoto@usp.br

O primeiro evento de milho transgênico resistente a insetos foi aprovado no Brasil em 2007. Esse evento expressa a proteína Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt). Posteriormente, foram aprovados outros eventos que expressam outras proteínas de Bt, tais como Cry1F e Vip3A, bem como os eventos que expressam mais de uma proteína: Cry1A.105/Cry2Ab2, Cry1Ab/Vip3A, Cry1Ab/Cry1F e Cry1A.105/Cry2Ab2/Cry1F. Atualmente, os híbridos de milho transgênicos disponíveis para plantio são aqueles que expressam as proteínas Cry1Ab e Cry1F. Devido à eficácia no controle das principais pragas-alvo: *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), *Diatraea saccharalis* Fabr., 1794 (Lepidoptera: Pyralidae) e *Helicoverpa zea* Boddie, 1850 (Lepidoptera: Noctuidae), a adoção de milho geneticamente modificado no Brasil já atingiu 80% da área cultivada na segunda safra de 2011. Devido à expressão contínua da proteína de Bt e alta adoção, o surgimento de populações de pragas resistentes é um dos riscos para a sustentabilidade da tecnologia no Brasil. A evolução da

resistência é o resultado da pressão de seleção que, conseqüentemente, pode ocasionar mudanças na composição genética das populações, aumentando a frequência relativa de alguns indivíduos “pré-adaptados” (resistentes). Dentre as várias estratégias de manejo da resistência de insetos (MRI) que têm sido propostas para evitar ou retardar a evolução da resistência, uma estratégia bastante utilizada é a expressão de altas doses da proteína inseticida nos tecidos da planta e o plantio e a manutenção de áreas de refúgio (plantas não Bt). Entende-se por alta dose a expressão da proteína inseticida em concentração de pelo menos 25 vezes a que seria necessária para matar 99% de uma população suscetível de referência. Uma baixa dose é qualquer quantidade que não atenda a definição de alta dose. O MRI difere para plantas de alta e baixa dose, isso é facilmente observado em estudos de simulação com uso de modelos matemáticos, os quais mostram claramente que a alta dose retarda a evolução da resistência mais eficientemente que uma baixa dose. Além disso, a alta dose permite maiores opções de MRI como a utilização de áreas de refúgio de menor tamanho, as quais são mais facilmente implementadas, em comparação a áreas de refúgio para baixa dose. Por sua vez, o refúgio compreende a área onde a praga não é exposta à pressão de seleção pela mesma proteína inseticida presente no campo Bt, na qual pode sobreviver, reproduzir e acasalar-se com os indivíduos sobreviventes no campo Bt. Desse modo, a evolução da resistência pode ser retardada se: (i) os raros insetos homocigotos resistentes (RR) da cultura *Bt* acasalarem com os insetos homocigotos suscetíveis (SS) da área de refúgio e (ii) se o heterocigoto (RS) resultante do acasalamento for morto pela alta dose da proteína inseticida expressa na planta *Bt*. Em outras palavras, a alta dose torna a resistência funcionalmente recessiva, o resultado final é uma baixa sobrevivência de insetos heterocigotos (RS), os quais, no início do processo de evolução da resistência, são os principais carreadores dos alelos da resistência. Para os eventos de milho Bt aprovados no Brasil, não foram realizados estudos criteriosos para verificar se as plantas expressam alta dose para as pragas-alvo. Resultados preliminares indicam que a maioria dos eventos não atende o conceito de alta dose, principalmente para *S. frugiperda* e *H. zea*. Sendo assim, o risco de evolução

de resistência é alto no Brasil. Eventos com duas ou mais proteínas apresentam maior eficácia no controle das pragas-alvo; contudo, o sucesso desses eventos dependerá do atendimento das premissas para o sucesso da utilização de duas proteínas na mesma planta (piramidização ou mistura de proteínas), ou seja, (i) as frequências de resistência deverão ser baixas para as duas proteínas; (ii) ausência de resistência cruzada entre as duas proteínas, (iii) as duas proteínas devem conferir alta mortalidade das pragas-alvo; (iv) a resistência deverá ser funcionalmente recessiva para pelo menos uma das proteínas. Um dos grandes desafios será a implantação de estratégias de MRI no Brasil. Trabalho cooperativo deverá ser realizado com todos os envolvidos na cadeia produtiva do milho, ou seja, universidades/instituições de pesquisa, empresas de biotecnologia, produtores, consultores, revendas, órgão de regulamentação etc. Programas educacionais e projetos de pesquisa serão fundamentais para o sucesso de programas de MRI no Brasil.

Papel do Monitoramento no Manejo de Resistência

Samuel Martinelli

Monsanto do Brasil Ltda, samuel.martinelli@monsanto.com

As plantas geneticamente modificadas (GM) resistentes a insetos são consideradas como uma tática adicional de controle em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Tem sido crescente a utilização de plantas GM que possuem a inserção de genes da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*), os quais codificam a produção de proteínas com ação inseticida. Devido à expressão contínua das proteínas inseticidas ao longo do período de desenvolvimento, as plantas *Bt* exercem uma elevada pressão de seleção sobre as populações de insetos-praga que são alvos do controle. Assim, a preservação da suscetibilidade às proteínas inseticidas expressas nas plantas *Bt* nas populações de insetos é dependente da adoção de programas adequados de liberação e manejo destas plantas no ambiente. Estas medidas

têm o objetivo de retardar a evolução e o estabelecimento no campo de populações de insetos com elevada frequência de indivíduos resistentes às proteínas inseticidas de *B. thuringiensis*.

Por sua vez, o monitoramento das possíveis alterações na suscetibilidade dos insetos alvos de controle ao longo do uso comercial das plantas GM resistentes a insetos e que expressam proteínas inseticidas de *Bt* é uma das partes mais importantes dos programas de manejo da resistência. Os programas de monitoramento podem envolver a avaliação da suscetibilidade de populações das pragas alvo de controle em condições de laboratório, e a avaliação da eficácia das tecnologias no controle das pragas alvo no campo. Assim, por meio do monitoramento é possível avaliar a efetividade das estratégias de manejo de resistência que já tenham sido implementadas. A etapa inicial para os trabalhos de monitoramento em condições de laboratório é o estabelecimento da resposta natural de populações geograficamente distintas da praga quando expostas às proteínas de *Bt* por meio do estudo das linhas básicas de suscetibilidade, preferencialmente antes da liberação das culturas GM no campo. A etapa seguinte envolve o acompanhamento sistemático da suscetibilidade das populações de insetos-praga alvo nestas regiões. Nesta fase de acompanhamento da suscetibilidade das populações das pragas alvo sugere-se o uso de concentrações diagnósticas ou discriminatórias. No contexto prático, os bioensaios utilizando-se concentrações diagnósticas são os métodos recomendados pela EPA no monitoramento da suscetibilidade de populações de insetos às proteínas de *Bt* nos EUA. Admite-se que estes bioensaios sejam eficientes para detectar a resistência quando a frequência dos alelos de resistência atingir 1%, o qual é um valor próximo de momento em que são inicialmente observadas as falhas da planta *Bt* no controle de pragas. (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1999). A probabilidade de se detectarem larvas de uma praga alvo que sejam resistentes numa população infestante na cultura *Bt* é função (a) da pressão de seleção exercida sobre a praga, (b) da frequência inicial dos indivíduos resistentes, e (c) do número de amostras de insetos-praga coletadas no campo. Desta forma, a escolha das áreas nas quais deverá ser realizado o

trabalho de coleta de insetos para acompanhamento da suscetibilidade não deverá ser vinculada apenas aos níveis de adoção das culturas GM. A definição destas áreas envolve entender os regimes de seleção a que os insetos estarão sendo expostos, e também considerar, por exemplo, a diversidade de culturas e o sistema de produção. Deste modo, áreas com maior pressão de seleção sobre a população da praga deverão ser criteriosamente amostradas.

O monitoramento da suscetibilidade de pragas a proteínas de *Bt* em condições de campo no Brasil representa um desafio na tentativa de conciliar as necessidades práticas e as exigências técnicas de um programa de manejo da resistência em um ambiente diversificado. Há necessidade de se coletar e organizar os dados que possibilitem a caracterização da eficiência agrônômica dos diversos eventos de plantas GM resistentes a insetos, preferencialmente antes do seu uso em escala comercial, em regiões agrícolas para que se consiga avaliar desta forma a variabilidade a danos observada nas plantas *Bt* quando cultivadas em diferentes regiões agrícolas do país. Isto com o objetivo de expor as plantas *Bt* às populações dos insetos pragas que podem apresentar níveis distintos de suscetibilidade básica às proteínas de *Bt*. Além disso, é necessária uma revisão dos aspectos bioecológicos das pragas chave, alvos do controle. Isto porque a biologia e o comportamento das pragas alvo podem influenciar a taxa de exposição dos insetos às proteínas de *Bt* expressas nas plantas GM. Este conhecimento, por sua vez, pode auxiliar os pesquisadores no entendimento dos resultados de eficácia agrônômica das plantas *Bt*. Para que se aumente a efetividade dos programas de monitoramento é importante conhecer os agroecossistemas no Brasil. Nas condições brasileiras, as diferentes culturas agrícolas têm sido exploradas de modo intensivo dando origem a um considerável número de possíveis composições de “mosaicos” de plantas cultivadas e sistemas de produção. Cabe aos pesquisador responsável pelo programa definir quais as espécies de insetos que têm maior exposição à pressão e seleção e portanto deverão ser alvos do monitoramento, seja no laboratório ou no campo. Por exemplo, *S. frugiperda* merece destaque devido à sua importância nas culturas de milho e algodão.

O acompanhamento da eficiência das estratégias de manejo por Laboratórios Públicos e Privados credenciados é uma das alternativas que podem ser consideradas em um plano de monitoramento.

Referência

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Report of EPA/USDA Workshop on Bt Crop Resistance Management in Cotton**. Memphis, 1999. 80 p.

Resistência de *Spodoptera frugiperda* a Bt: Seleção, Herança e Manejo

Natália Alves Leite, Simone Martins Mendes, Eliseu José G. Pereira

Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

Núcleo de Fitossanidade, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Cultivadas comercialmente a partir 1996, as plantas transgênicas que expressam proteínas inseticidas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) representam uma ferramenta importante no manejo de algumas pragas em culturas tais como milho, algodão e soja. Cultivos transgênicos passaram ser utilizados legalmente no Brasil em 2008, porém atualmente o país já ocupa o 2º lugar entre os países que cultivam plantas transgênicas (JAMES, 2011). Em 2011, mais de 70% do milho cultivado no país conteve algum evento transgênico expressando toxina(s) de Bt para controle de lagartas. Por causa da contínua expressão de proteína inseticida ao longo do desenvolvimento fenológico das plantas Bt, uma elevada pressão de seleção de indivíduos resistentes é exercida sobre as populações dos insetos alvo de controle por essas plantas. Além disso, a rápida adoção da tecnologia, aliada à reconhecida capacidade evolutiva dos insetos-praga para respostas adaptativas a inseticidas e fatores de antibiose em plantas, torna a implementação de programas de manejo de resistência especialmente importante.

Estudos bioquímicos e genéticos sobre resistência a toxinas produzidas em cultivares transgênicas comercialmente disponíveis em outros países indicam um alto risco de adaptação pelos insetos, se essas cultivares forem indevidamente utilizadas (FERRÉ; VAN RIE, 2002). O risco de desenvolvimento de resistência nos insetos alvo é preocupante porque, em condições de campo ou em instalações de armazenamento de grãos e casas de vegetação, a resistência a Bt já foi documentada em populações de *Plodia interpunctella* (McGAUGHEY, 1985), *Plutella xylostela* (TABASHNIK et al., 1990), e *Tricoplusia ni* (JANMAAT; MYERS, 2003) em resposta a repetidas aplicações de formulações de Bt. Mais recentemente, resistência de campo a culturas Bt resultando em falhas de controle foi relatada em *Brusseola fusca* ao milho produzindo Cry1Ab na África do Sul (VAN RENSBURG, 2007) e em *Spodoptera frugiperda* ao milho produzindo Cry1F em Porto Rico (MATTEN et al., 2008; STORER et al., 2010). Além disso, Tabashnik et al. (2008) relataram resistência ao algodão produzindo Cry1Ac em *Helicoverpa zea* com base na análise de mais de uma década de dados de monitoramento de resistência, embora falhas de controle ainda não tenham sido detectadas (TABASHNIK et al., 2009).

A obtenção de linhagens resistentes de insetos-praga em laboratório pode ser usada como uma importante ferramenta na análise de risco de resistência de insetos, e ainda na elaboração, no teste e no aprimoramento de estratégias de manejo da resistência de insetos a plantas transgênicas. Entre as estratégias propostas para o manejo da resistência em milho transgênico, a alta dose/refúgio e a combinação (piramidação) de mais de uma toxina com diferentes sítios de ação têm sido apontadas como as mais eficientes (ROUSH 1997, 1998; GOULD, 1998; ZHAO et al., 2005). A alta-dose/refúgio pressupõe um padrão recessivo de herança da resistência, ou seja, a expressão de altas doses deve eliminar a grande maioria dos indivíduos heterozigotos, de modo que a resistência torne-se funcionalmente recessiva (ROUSH; MACKENZIE, 1987). Essa tem sido a estratégia predominante proposta para manejo da resistência das pragas alvo das culturas Bt (GOULD, 1998). Entretanto, dependendo do nível de tolerância das pragas alvos

às toxinas, como é o caso de algumas lagartas Noctuidae, uma alta dose é difícil de ser atingida com a expressão heteróloga na planta transgênica e, neste caso, a saída é a adoção de estratégias de manejo alternativas. Já na estratégia de piramidação não deve haver resistência cruzada entre as toxinas expressas na planta transgênica (ZHAO et al., 2005), sendo que essa estratégia permite redução no tamanho da área de refúgio mantendo ou aumentando o potencial de durabilidade dessas toxinas (CAPRIO, 1998; GOULD, 1998).

No Brasil, desde a safra 2009/2010 tem-se utilizado com eficiência o milho expressando a toxina Cry1F de Bt para o manejo da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Entretanto, vários aspectos têm gerado preocupação com relação ao potencial de evolução de resistência dessa praga a toxinas Bt, especialmente em áreas em que práticas de manejo de resistência não sejam adotadas adequadamente. Entre esses aspectos pode-se citar: (i) o fato de *S. frugiperda* ser multivoltina no Brasil; (ii) o histórico de desenvolvimento de resistência a diferentes classes de inseticidas sintéticos por parte dessa praga; (iii) a constante exposição de populações a toxinas Bt em eventos transgênicos; e (iv) a elevada adoção da tecnologia.

Resistência a Cry1F já foi documentada numa linhagem do principal lepidóptero-praga alvo de controle pelo milho Bt nos EUA, *Ostrinia nubilalis* (Crambidae), obtida de coletas de campo antes da liberação do milho Bt nos EUA em 1996 e posteriormente selecionada em laboratório para resistência a Cry1F. Foi obtido nível de resistência superior a 3000x após 35 gerações de seleção com nenhuma e apenas baixa resistência cruzada a Cry1Ab e Cry1Ac, respectivamente (PEREIRA et al., 2008a). Esses dados suportam a ideia de combinar CryAb e Cry1F num mesmo evento de milho transgênico como uma ferramenta de manejo da resistência. Avançando na caracterização da resistência a Cry1F, bioensaios dose-resposta das progênes de cruzamentos parentais recíprocos indicaram que a resistência é autossômica e recessiva. Retrocruzamentos da geração F_1 com a linhagem resistente revelaram que um único locus ou um conjunto de loci fortemente ligados era

responsável pela resistência (PEREIRA et al., 2008a). Em experimentos em casa de vegetação, o alto nível de resistência possibilitou a sobrevivência das lagartas resistentes em milho Bt expressando Cry1F, embora as larvas heterozigotas resultantes de cruzamentos dos pais resistentes e susceptíveis não tenham sobrevivido em tais plantas. Esse resultado indica que a resistência é de fato funcionalmente recessiva, validando essa importante pressuposição da tática da alta dose-refúgio para manejo da resistência na praga em questão (PEREIRA et al., 2008b). O mecanismo de resistência não foi ainda completamente esclarecido, mas parece não se tratar de redução de ligação da toxina aos receptores na superfície epitelial do intestino das lagartas resistentes e nem de degradação da toxina por alteração na atividade proteolítica de enzimas digestivas.

Assim, para tirar proveito da nossa expertise no assunto, resolvemos iniciar um processo de seleção para obter linhagens de *S. frugiperda* com elevados níveis de resistência a toxinas de Bt visando utilizar essas linhagens resistentes como ferramenta no manejo da resistência em campo. Nesse sentido, esforços foram inicialmente empregados para se obter uma linhagem resistente de *S. frugiperda* à toxina Cry1F, a fim de determinar a herança da resistência, o seu custo adaptativo e a resistência cruzada a outras toxinas de Bt (LEITE, 2012). Durante o processo de seleção em laboratório, a exposição crônica de *S. frugiperda* a folhas de milho expressando a toxina Cry1F foi mais eficiente que a exposição gradual na seleção de indivíduos resistentes. Foi observado que, com apenas quatro gerações de seleção, foi obtida uma linhagem com elevada sobrevivência a exposição a Cry1F semelhante a insetos controle mantidos sem pressão de seleção. Os dados de sobrevivência de insetos recuperados de plantas de milho expressando Cry1F em casa de vegetação comprovaram o sucesso da seleção deles. Ensaios de resistência cruzada, em casa de vegetação, demonstraram que a seleção para resistência a Cry1F não afetou a sobrevivência da linhagem selecionada no milho que expressa Cry1Ab e naquele que expressa conjuntamente Cry1Ab.105 e Cry2Ab2, indicando não haver resistência cruzada entre tais toxinas e Cry1F. Cruzamentos recíprocos entre a

linhagem selecionada para resistência a Cry1F e outra linhagem mantida sem pressão e cálculos de dominância revelaram que a resistência é de caráter autossômico e incompletamente recessivo. Entretanto, é possível que o cálculo de dominância esteja superestimado devido à origem da linhagem susceptível. Além disso, não foi detectado custo adaptativo associado à resistência. Este é o primeiro estudo realizado no Brasil que mostra que *S. frugiperda* responde a pressão de seleção para resistência à toxina Cry1F e os resultados dessa investigação têm implicações práticas ao manejo da resistência, os quais serão discutidos na apresentação durante esse Workshop. A disponibilidade dessa linhagem resistente possibilitará o seu uso para refinar recomendações de estratégias de manejo da resistência de *S. frugiperda* ao milho transgênico expressando toxinas de Bt.

Referências

BATES, S. L.; ZHAO, J. Z.; ROUSH, R. T.; SHELTON, A. M. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. **Nature Biotechnology**, New York, v. 23, p. 57-62, 2005.

CAPRIO, M. A. Evaluating resistance management strategies for multiple toxins in the presence of external refuges. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 91, p. 1021-1031, 1998.

FERRÉ, J.; VAN RIE, J. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 501-533, 2002.

GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 43, p. 701-726, 1998.

JAMES, C. **Global status of commercialized Biotech/GM crops**. Ithaca: ISAA, 2011. (ISAAA. Brief 43). Disponível em: <<http://www.cultura-biotec.com/wp-content/uploads/2012/02/ISAAA-Briefs-43-Executive->

-Summary-EMBARGOED-Until-Feb-7-2012-11-am-EST9.pdf > . Acesso em: 30 mar. 2012.

JANMAAT, A. F.; MYERS, J. Rapid evolution and the cost of resistance to *Bacillus thuringiensis* in greenhouse populations of cabbage loopers, *Trichoplusia ni*. **Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, London, v. 270, p. 2263-2270, 2003.

LEITE, N. A. **Seleção e caracterização da resistência de uma linhagem de *Spodoptera frugiperda* ao milho transgênico expressando Cry1F**. 2012. 30 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas: relevância da implantação de estratégias proativas de manejo da resistência. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 34, p. 67-77, 2005.

MATTEN, S. R.; HEAD, G. P.; QUEMADA, H. D. How governmental regulation can help or hinder the integration of Bt crops into IPM programs. In: ROMEIS, J.; SHELTON, A. M.; KENNEDY, G. G. (Ed.). **Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM program**. New York: Springer, 2008. p. 27-39.

McGAUGHEY, W. H. Insect resistance to the biological insecticide *Bacillus thuringiensis*. **Science**, Washington, v. 229, p. 193-195, 1985.

PEREIRA, E. J. G. **Development and characterization of resistance to the Cry1F toxin from *Bacillus thuringiensis* Berliner in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2006. 120 p. Tese (Doutorado) - Department of Entomology, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, USA.

PEREIRA, E. J. G.; STORER, N. P.; SIEGFRIED, B. D. Inheritance of Cry1F resistance in laboratory-selected European corn borer and its

survival on transgenic corn expressing the Cry1F toxin. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 98, p. 621-629, 2008a.

PEREIRA, E. J. G.; LANG, B. A.; STORER, N. P.; SIEGFRIED, B. D. Selection for Cry1F resistance in the European corn borer and cross-resistance to other Cry toxins. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 126, p. 115-121, 2008b.

PEREIRA, E. J. G.; SIQUEIRA, H. A. A.; ZHUANG, M. B.; STORER, N. P.; SIEGFRIED, B. D. Measurements of Cry1F binding and activity of luminal gut proteases in susceptible and Cry1F resistant *Ostrinia nubilalis* larvae (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, San Diego, v. 103, p. 1-7, 2010.

ROUSH, R. T. Bt-transgenic crops: just another pretty insecticide or a chance for a new start in resistance management? **Pesticide Science**, Oxford, v. 51, p. 328-334, 1997.

ROUSH, R. T. Two-toxin strategies for management of insecticidal transgenic crops: can pyramiding succeed where pesticide mixtures have not? **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, London, v. 353, p. 1777-1786, 1998.

ROUSH, R. T.; MACKENZIE, J. A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 361-380, 1987.

STORER, N. P.; BABCOCK, J. M.; SCHLENZ, M.; MEADE, T.; THOMPSON, G. D.; BING, J. W.; HUCKABA, R. M. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 103, p. 1031-1038, 2010.

TABASHNIK, B. E.; VAN RENSBURG, J. B. J.; CARRIERE, Y. Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 102, p. 2011-2025, 2009.

TABASHNIK, B. E.; CUSHING, N. L.; FINSON, N.; JOHNSON, M. W. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera, Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 83, p. 1671-1676, 1990.

TABASHNIK, B. E.; GASSMANN, A. J.; CROWDER, D. W.; CARRIERE, Y. Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. **Nature Biotechnology**, New York, v. 26, p. 199-202, 2008.

VAN RENSBURG, J. B. J. First report of field resistance by stem borer, *Busseola fusca* (Fuller) to Bt -transgenic maize. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, v. 24, p. 147-151, 2007.

ZHAO, J. Z.; CAO, J.; COLLINS, H. L.; BATES, S. L.; ROUSH, R. T.; EARLE, E. D.; SHELTON, A. M. Concurrent use of transgenic plants expressing a single and two *Bacillus thuringiensis* genes speeds insect adaptation to pyramided plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 102, p. 8426-8430, 2005.

Grupo de discussão

“Manejo da Resistência de Insetos”

Coordenação: José Magid Waquil (RIT DA-CNPq)

Relatora: Debora Pires Paula (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia)

Names dos participantes	E-mail
Celso Omoto	celso.omoto@usp.br
Cristina Galeano	
Danielle Oldemburgo	
Eliseu José G. Pereira	eliseu.pereira@ufv.br
Isabel R.P. Souza	isabel@cnpmc.embrapa.br

Nomes dos participantes	E-mail
Josemar Foresti	josemar.foresti@pioneer.com
Juliana Ribeiro Alexandre	juliana.alexandre@agricultura.gov.br
Karen Bianchi dos Santos	karen.bianchi@bayer.com
Katia Gisele Brasil Boregas	kgboregas@gmail.com
Leonardo Lino Gomes	leonardo.gomes@agrocere.com.br
Maise Soares de Moura	
Marcos Evangelista Lopes	marcos.lopes@rehagro.com.br
Samuel Martinelli	samuel.martinelli@monsanto.com
Thaís Rezende Morais	Thais.Morais@syngenta.com

Manejo da Resistência de Insetos (MRI)

Área de refúgio

Adoção - o uso correto e o controle das áreas de refúgio não dependem apenas do produtor, estão vinculados a toda cadeia produtiva da cultura GM. Três ações conjuntas integradas poderiam ser utilizadas para aumentar sua adoção e seu uso correto: medidas educacionais em todos os canais de distribuição de revenda de sementes; incentivos aos vendedores das sementes GM para que conscientizem os consumidores da importância de adotá-la; e medidas punitivas por parte das empresas detentoras da tecnologia devido à quebra de contrato de licenciamento de uso.

Uso correto - o uso correto de áreas de refúgio em cultivos GM é insatisfatório em grande parte do país e está relacionado à preocupação imediata com a “perda” de produtividade e, também, devido ao fato de esta adoção não ser mandatória em lei. Adicionalmente, não está claro para o produtor o benefício da adoção de áreas de refúgio para a manutenção da eficácia da tecnologia. Os produtores confundem áreas de coexistência e de refúgio, e desconhecem que esta última não está sujeita a fiscalização federal. Confunde-se até mesmo áreas de refúgio com áreas de preservação ambiental (reserva legal). Essa observação

reforça a necessidade de se ampliar a base educacional para melhorar a adoção de área de refúgio.

As empresas têm utilizado estratégias de comunicação para esclarecer a importância do uso de áreas de refúgio, tais como dias de campo, distribuição de folhetos informativos e promoção de reuniões com os produtores. O setor público também tem tido ações educacionais, principalmente através das universidades. Os grandes produtores são os que mais utilizam áreas de refúgio. Os pequenos produtores devem ser mais bem informados, através dos revendedores de sementes e das cooperativas de produtores, principalmente no Sul do país, para a importância da área de refúgio. Quem faz extensão em algumas regiões do país são os consultores técnicos e estes, normalmente, não estão preocupados com a adoção de área de refúgio, já que ganham em cima da produtividade de seus clientes.

Normalmente, quem contrata consultores são os grandes produtores, em regiões onde não há atuação de cooperativas. Além da questão educacional, outros entraves para o avanço na adoção de áreas de refúgio é a falta de disponibilidade de sementes convencionais de alta tecnologia para compra, bem como a reduzida comissão para venda de sementes convencionais. Como alternativas, poderiam ser utilizadas, na área de refúgio, sementes com resistência à herbicida, no caso de genes estaqueados, para facilitar o manejo de plantas daninhas na da área total de milho transgênico e não *Bt* e incentivar toda a cadeia de distribuição e venda de sementes para a venda de sementes convencionais.

Embora o uso da área de refúgio não seja obrigatório por lei, é mandatória por força de contrato de licenciamento, presente na embalagem das sementes. Caberia à própria empresa fiscalizar a adoção de área de refúgio por seus clientes e entrar com ações punitivas ou indenizatórias em casos de descumprimento do contrato. Mas a política de bom relacionamento entre o fornecedor e o cliente dificulta essas ações.

Controle no refúgio – O controle das pragas alvo na área de refúgio é permitido e recomendado, desde que não seja usado bioinseticidas à base de *Bt*. Alguns produtores têm adotado um controle menos intenso e alguns até não têm adotado controle algum. Realmente o controle de lagartas pelos métodos convencionais na área de refúgio tem seu custo aumentado, por unidade de área, tendo em vista os deslocamentos dentro da lavoura de milho *Bt*.

Novas possibilidades (mistura de sementes) - a percepção preliminar de alguns representantes de empresas produtoras da tecnologia (Pioneer e Monsanto), que estiveram presentes no workshop e no grupo de discussão, é que a mistura de sementes não funcionaria tão bem quanto o refúgio estruturado, principalmente devido à perda de plantabilidade. Foi mencionado que esta alternativa tem sido usada nos EUA com sucesso, entretanto, vale lembrar que os insetos alvo são diferentes nos dois países. Além disso, a tecnologia no Brasil tem sido usada para o controle de lagartas muito jovens e com baixa atividade sobre lagartas maiores em função da baixa dose de proteínas expressas na planta para as principais pragas alvo. Existe o argumento de que a mistura no saco, pela proximidade entre plantas transgênicas e de refúgio, pode permitir o crescimento das lagartas no refúgio e expor o milho *Bt* a estádios mais avançados de desenvolvimento dos insetos, não sendo suficiente para o seu controle. Por outro lado, não existe evidência científica alguma que isso ocorre, pois a partir do segundo instar, a *Spodoptera frugiperda*, principal alvo, se aloja no cartucho da planta, onde completa seu período larval. Além disso, já está provado que larvas menores preferem se alimentar nas plantas não *Bt* a se alimentar em plantas expressando essas proteínas. Diante disso, propôs-se fortemente a realização de novos estudos para que o uso deste refúgio alternativo não piore o problema. Também considera-se a possibilidade da emergência de pragas secundárias (pulgão, etc). Poderia ser mais eficaz no contexto de eventos piramidados. O grupo questionou qual poderia ser o impacto de se fazer “refúgio no saco” sobre a produtividade e sobre a eficácia de controle das pragas alvo. Faltam dados para avaliar a viabilidade técnica da mistura de sementes a longo prazo, considerando

os diferentes cenários de produção e da diversidade de pragas presentes nos agroecossistemas. A porcentagem de sementes convencionais influirá na aplicação de inseticida e, portanto, na produtividade (relação de custo-benefício quanto a utilizar refúgio estruturado). Um ponto negativo é o complicador do monitoramento da resistência em campo.

Papel Dos Hospedeiros Alternativos – Nesse tópico, houve mais questionamentos e reflexões que respostas. É incentivado aos produtores o uso de hospedeiros alternativos? Em outros países, funciona em alguns municípios com plantio de algodão nos EUA e também na Austrália. Até que ponto as empresas estão pensando quanto à possibilidade de se usar hospedeiros alternativos na área de refúgio? Constatou-se carência de pesquisa e discussão para utilizar hospedeiro alternativo. Haveria lacuna de conhecimento para utilizar hospedeiro alternativo em área de refúgio? Qual seria melhor, utilizar hospedeiro alternativo ou mistura de sementes? O refúgio estruturado é muito importante, principalmente considerando todo o espectro de pragas-alvo da tecnologia e as grandes áreas de plantio, principalmente na região Centro-Oeste do país.

Alta dose e Piramidação – há vários aspectos que ainda precisam ser esclarecidos. Considerando-se não haver a alta dose, o que mudaria na área de refúgio? Quais seriam as implicações para a área de refúgio? A Monsanto busca trabalhar com piramidações de genes de resistência como forma de manejo. O conceito de alta dose se justifica mais para os eventos não piramidados. A piramidação vem para suprir as dificuldades de se obter eventos que expressam alta dose. Entretanto, ambos dependem da disponibilidade na natureza para tornar seu uso factível.

Implicações com o MIP – O impacto do uso do milho *Bt* no MIP na cultura do milho tem promovido mudanças significativas. A introdução do evento MON 810 reduziu as aplicações de inseticida de três para apenas uma, em média, por safra. A utilização dos novos eventos tem contribuído ainda mais, não havendo na maioria dos casos necessidade de nenhuma aplicação para o controle de lagartas. Estima-se que já

houve uma redução de mais de 40% na comercialização de inseticidas para a cultura do milho. Entretanto, tem sido exigido do produtor o plantio das áreas de refúgio para o manejo da resistência.

Por outro lado, tem sido relatada a incidência de outros grupos de pragas, como os sugadores no milho. Evidentemente, a aplicação de inseticidas para o controle dessas outras pragas pode contribuir também para o manejo da resistência, controlando sobreviventes das pragas alvo no milho *Bt*. Adicionalmente, a redução da aplicação de inseticidas na maioria das áreas de milho permitirá a médio e longo prazo o aumento da população de inimigos naturais que poderão reduzir significativamente a incidência dessas outras pragas como, por exemplo, os pulgões que são alvo de um grande número de predadores e parasitoides.

Diversidade das pragas alvo

Susceptibilidade relativa das espécies alvo - uma dificuldade no país seria a menor susceptibilidade (tolerância) relativa nas nossas pragas tropicais, em relação às temperadas. Devido a isso, a piramidação seria uma estratégia mais adequada no país.

Mudança relativa da importância das espécies alvo - Foi destacada a importância de se orientar o produtor para a possibilidade da emergência de outras pragas que vinham sendo controladas simultaneamente com as pragas alvo. Isso deve ser manejado dentro do âmbito do MIP. O treinamento de "pragueiros" e de técnicos agrícolas pelas empresas é fundamental para posicionar a tecnologia dentro do contexto do MIP, bem como o monitoramento espacial e temporal. O registro da emergência de pragas secundárias para ser considerado no desenvolvimento de novos produtos torna-se crítico para evitar perdas.

Monitoramento das populações - No campo, têm sido utilizadas, além do monitoramento, parcelas sentinelas para acompanhar o desempenho das tecnologias

Medidas emergenciais - Mitigação em casos de quebra da resistência e **medidas emergenciais**. Realização de um fluxo de ações de curto e médio prazo, tais como aplicações de inseticidas e de caracterização e monitoramento da resistência em laboratório. Avaliação do risco de quanto tempo vai durar a tecnologia, em quanto tempo se deveria lançar um novo evento. As empresas através da Agrobio se uniram para monitoramento em parceria com algumas universidades. As empresas devem ter o SAC e a Ouvidoria para receber as reclamações\informações do produtor (documentação e rastreabilidade).

Investimentos no Manejo da Resistência de Insetos (MRI)

Principais lacunas técnicas: ampliar uma rede de monitoramento para estudar as diferentes populações de pragas em diferentes agroecossistemas; formação de mais recursos humanos especialistas na área de resistência; estudos complementares sobre utilização de plantas hospedeiras em áreas de refúgio, sobre resistência cruzada, sobre estruturação genética e herdabilidade. Adicionalmente, existe a dificuldade logística e de infraestrutura para monitoramento da resistência. Há necessidade urgente de otimização dos métodos de monitoramento. Ações educacionais são emergenciais, haja vista que as sementes estão disponíveis e sendo utilizadas.

Investimentos - algumas empresas têm mais investimentos que outras. Mas, sem dúvidas, é um tema que necessita mais atenção dos interessados, tanto na pesquisa básica como no manejo. Embora hoje se tenham investimentos, basicamente, do setor privado, o tema também é de interesse do setor público, pois a cadeia produtiva envolve desde os produtores de insumo até os consumidores, passando criticamente pelo segmento da produção. A produção e o abastecimento do mercado são estratégicos para o país. Portanto, o investimento público, para gerar dados oficiais, é de extrema importância para toda a cadeia de produção.

No âmbito público, poderia haver a abertura de chamadas específicas (editais) para melhorar a infraestrutura dos laboratórios e concessão de

bolsas de pesquisa. Caberia ao Governo fazer o papel de articulador e reunir os consultores, as empresas e os cientistas para alinhar as ações educacionais quanto ao uso da tecnologia (problema da resistência), bem como de sua evolução\futuro.

Itens sugeridos para futuras discussões:

1. Conceito de alta dose e dose moderada;
2. Piramidação
3. Detecção da resistência;
4. Viabilidade para os detentores da tecnologia;
5. Avaliação de riscos;
6. Detecção da resistência.

Biossegurança do Solo

A Experiência Brasileira com Análises de Solo Cultivado com Feijão Transgênico Produzido pela Embrapa

Maria Elizabeth Fernandes Correia

Embrapa Agrobiologia- BR 465 km 07, Seropédica-RJ, ecorreia@cnpab.embrapa.br

Em 2002, foi iniciada a rede de Biossegurança da Embrapa, na figura de um projeto de pesquisa com a participação de diversas Unidades, que tinha como principal objetivo estabelecer uma rede de competências, voltada à análise de segurança ambiental e alimentar de organismos geneticamente modificados (OGM). Dentre estes, a avaliação da biossegurança do feijão transgênico resistente ao vírus do mosaico dourado foi realizada em maior detalhe em um projeto posterior, com o objetivo de solicitar à CTNBio a sua liberação comercial.

Coube à Embrapa Agrobiologia a tarefa de avaliar se o cultivo com o feijoeiro GM poderia afetar os organismos e processos da biota do solo. O plano de estudo elaborado para este objetivo teve como referência o Anexo IV da Resolução Normativa No. 5 da CTNBio de 12 de março de 2008 (<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/11444.html>), que dispõe sobre a avaliação de risco ao meio ambiente do cultivo de plantas transgênicas. Três dos treze itens foram contemplados nesta avaliação da biota do solo, sendo eles:

- "...os possíveis efeitos em organismos indicadores relevantes (simbiontes, predadores, polinizadores, parasitas ou competidores do OGM) nos ecossistemas onde se pretende efetuar o seu cultivo, em compa-

ração com o organismo parental do OGM em um sistema de produção convencional;

-...os impactos negativos e positivos aos organismos alvo e não-alvo que poderão ocorrer com a liberação do OGM...

-...as possíveis modificações da biodegradabilidade da planta GM, comparativamente ao genótipo parental..."

Como organismos simbioses associados ao feijoeiro foram elencados os rizóbios (*Rhizobium tropici*) e os fungos micorrízicos arbusculares. Foram considerados organismos não-alvo a mesofauna e a macrofauna do solo e a comunidade de alfaproteobactérias da rizosfera do feijoeiro. A avaliação da biodegradabilidade, por sua vez, baseou-se na avaliação do carbono da biomassa microbiana, da respiração microbiana e da atividade enzimática do solo. Os ensaios enzimáticos consideraram as enzimas **β -glucosidase** importantes no ciclo do carbono e na degradação da celulose; a **fosfatase ácida** responsável pela mineralização do fósforo orgânico e a **arisulfatase** atuante na mineralização do enxofre orgânico.

A estratégia de investigação consistiu da comparação dos possíveis efeitos sobre o solo do cultivo do feijoeiro Olathe 5.1, modificado geneticamente para resistência ao vírus do mosaico dourado (BGMV), e do feijoeiro Olathe convencional. Foram implantados experimentos de campo por dois anos consecutivos (2008 e 2009), nos municípios de Santo Antônio de Goiás-GO, Sete Lagoas-MG e Londrina-PA. O delineamento utilizado era o de blocos ao acaso com oito repetições.

Nos ensaios de campo foram avaliados: (i) o perfil de alfaproteobactérias na rizosfera do feijoeiro pela técnica de DGGE; (ii) a densidade de esporos; (iii) o número de espécies de fungos micorrízicos no solo rizosférico e a colonização micorrízica nas raízes do feijoeiro; (iv) densidade e diversidade da mesofauna e macrofauna do solo; (v) biomassa e respiração microbianas e atividade enzimática no solo.

Outra estratégia de investigação foi a realização de ensaios em casa de vegetação, em que os dois tipos de feijoeiro, transgênico e convencional, eram cultivados utilizando-se o solo dos experimentos das três localidades, nos dois anos. Neste caso, as análises realizadas foram: (i) a avaliação da simbiose do feijoeiro com *Rhizobium tropici* e o percentual de nitrogênio fixado biologicamente; (ii) o perfil da comunidade de alfaproteobactérias; (iii) a densidade de esporos e a colonização micorrízica; e (iv) a biomassa e respiração microbianas.

De maneira geral, para todos os indicadores, não foram encontradas diferenças consistentes e significativas para o solo cultivado com o feijoeiro Olathe 5.1, modificado geneticamente para resistência ao vírus do mosaico dourado (BGMV), em comparação ao solo cultivado com o feijoeiro Olathe convencional, para as três localidades e os dois anos avaliados.

Os detalhes experimentais e dados obtidos das avaliações da biota do solo, bem como das demais características e análises realizadas na avaliação de biossegurança do feijoeiro Olathe 5.1, encontram-se na proposta de liberação comercial submetida pela Embrapa e disponível no site da CTNBio (http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0001/1578.pdf). O parecer técnico da CTNBio sobre a liberação comercial do feijoeiro Olathe 5.1 encontra-se também disponível em http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0001/1589.pdf.

A Experiência da Embrapa Milho e Sorgo no Monitoramento do Impacto do Cultivo de Milho Transgênico sobre Comunidades Microbianas do Solo

Francisco Adriano de Souza; Eliane Aparecida Gomes; Christiane Abreu de Oliveira; Ubiraci Gomes de Paula Lana; Ivanildo Evódio Marriel; Fernando Hercos Valicente. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. francisco.adriano@cnpms.embrapa.br

Introdução

A atividade agrícola é responsável pelo fornecimento de alimentos, fibras e bioenergia em quantidade e qualidade para garantir a segurança alimentar da população. Com o avanço das técnicas de cultivo e obtenção de altas produtividades, as metas para o desenvolvimento agrícola estão sendo calcadas na produção eficiente e sustentável visando garantir a demanda atual e preservar a capacidade produtiva e os serviços ecológicos providos pelo sistema solo para as gerações futuras.

As culturas geneticamente modificadas estão entre as tecnologias empregadas atualmente para produção agrícola de diversas culturas e que podem trazer benefícios para o setor agrícola e para a sustentabilidade da produção, além de benefícios ambientais, com a redução do uso de defensivos agrícolas. No entanto, essa tecnologia deve ser monitorada para que efeitos benéficos e maléficos possam ser identificados de forma a salvaguardar a segurança alimentar e a capacidade produtiva dos solos agrícolas.

A microbiota do solo é responsável pela condução de processos chave para o equilíbrio e a sustentabilidade do sistema solo-planta, tais como decomposição e mineralização da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, degradação de xenobióticos, dentre outros. Tipicamente, existem 40 milhões de células bacterianas/g de solo (WHITMAN et al., 1998), totalizando uma massa que excede a biomassa de plantas e animais no planeta (HOGAN,

2010), sendo o sistema solo a maior fonte de biodiversidade microbiana no planeta. Nesse sentido, a Embrapa Milho e Sorgo vem conduzindo dois projetos de pesquisa que visam o monitoramento do impacto do cultivo de milho Bt: (1) Impacto da utilização do milho Bt em lepidópteros praga, predadores e organismos não-alvo; e (2) Impacto ambiental de milho transgênico expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis* sobre a entomofauna, microbiota do solo e produção de grãos. O objetivo desse trabalho é apresentar a experiência que a Embrapa Milho e Sorgo vem adquirindo com a execução desses dois projetos.

PROJETO 1. Impacto da utilização do milho Bt em lepidópteros-praga, predadores e organismos não-alvo

Este projeto visa avaliar o efeito do cultivo de plantas de milho Bt sobre a incidência e atividade de organismos não-alvo, e avaliar se toxinas Bt alteram a estrutura e a diversidade funcional de comunidades bacterianas na rizosfera, sendo avaliada a qualidade biológica do solo rizosférico de plantas transgênicas de milho, expressando proteínas CryAb e Cry1F. Dados preliminares, obtidos do cultivo de milho Bt em dois solos distintos (Cerrado e Várzea), indicam que a atividade de enzimas urease e arginase no solo rizosférico (Figura 1) não é afetada significativamente pelas plantas transgênicas. Já entre os dois tipos de solos avaliados, a diferença foi significativa, indicando maior atividade enzimática no solo de Cerrado em relação ao de Várzea. Resultado semelhante ocorreu na avaliação da atividade metabólica total (Tabela 1).

Tabela 1. Atividade metabólica (Total – BILOG - Ecoplates), Número de substratos utilizados (S), Diversidade metabólica (Índice de Shannon - H) em 72 horas de incubação para amostras de solo não rizosférico e rizosférico de três genótipos de milho transgênicos e não transgênicos, em solo de Várzea e Cerrado.

Amostras	Atividade Total (nm)	S (No. de substratos utilizados)	H (Índice de Shannon)
Cerrado	30F35	28,33	3,16
	30F35Y	29	3,18
	30F35H	29	3,2
	Não Rizosférico	20,67	2,4
Várzea	30F35	25	3,04
	30F35Y	25	2,96
	30F35H	24	2,94
	Não Rizosférico	24,67	2,71

Projeto 2: Impacto ambiental de milho transgênico expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis* sobre a entomofauna, microbiota do solo e produção de grãos

Este projeto tem como objetivo monitorar o efeito do cultivo de plantas de milho Bt sobre a estrutura e a função de comunidades microbianas do solo nos municípios de Sete Lagoas e Janaúba, MG. Até o momento, foi avaliada a atividade metabólica no solo extraído da rizosfera de plantas transgênicas e não transgênicas.

Tabela 2. Atividade metabólica Total (BIOLOG - Ecoplates), diversidade metabólica (Índice de Shannon - H) e equitabilidade de amostras de solo rizosférico de seis genótipos de milho transgênicos e não transgênicos, nos municípios de Sete Lagoas (A) e Janaúba (B), MG. Ano 2 – Safra 2011/2012

(A)

Genótipo	Atividade				H				E			
	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 1		Coleta 2		Coleta 1		Coleta 2	
MON 810	16.59	Aa	21.71	Bb	3.30	ns	3.38	ns	0.97	ns	0.98	ns
Isolinha 1 + Q	18.89	Aa	18.04	Aa	3.38	ns	3.40	ns	0.98	ns	0.99	ns
Isolinha 1	16.55	Aa	20.43	Ab	3.33	ns	3.39	ns	0.97	ns	0.99	ns
BT11	16.92	Aa	21.50	Ab	3.29	ns	3.41	ns	0.96	ns	0.99	ns
Isolinha 2 + Q	16.94	Aa	21.26	Ab	3.28	ns	3.39	ns	0.96	ns	0.99	ns
Isolinha 2	21.59	Aa	18.27	Aa	3.38	ns	3.37	ns	0.99	ns	0.99	ns
HERCULEX	16.72	Aa	21.20	Ab	3.32	ns	3.38	ns	0.97	ns	0.99	ns
Isolinha 3 + Q	18.94	Aa	22.05	Ab	3.36	ns	3.40	ns	0.98	ns	0.99	ns
Isolinha 3	17.65	Aa	16.75	Aa	3.33	ns	3.39	ns	0.97	ns	0.99	ns
MON8034	15.22	Aa	21.52	Bb	3.32	ns	3.41	ns	0.97	ns	0.99	ns
Isolinha 4 + Q	18.29	Aa	19.83	Ab	3.30	ns	3.42	ns	0.96	ns	1.00	ns
Isolinha 4	21.09	Aa	23.12	Ab	3.37	ns	3.40	ns	0.98	ns	0.99	ns
DKB390 CINCO	14.89	Aa	16.25	Aa	3.19	A	3.39	B	0.94	ns	0.99	ns
Isolinha 5	17.62	Aa	16.25	Aa	3.36	ns	3.42	ns	0.98	ns	1.00	ns
Isolinha 5 + Q	20.33	Aa	20.13	Ab	3.38	ns	3.39	ns	0.98	ns	0.99	ns
IMPACTO VIPTERA	17.27	Aa	18.53	Aa	3.32	ns	3.39	ns	0.97	ns	0.99	ns
Isolinha 6	10.87	Aa	17.65	Ba	3.14	ns	3.38	ns	0.92	A	0.98	B
Isolinha 6 + Q	19.35	Aa	20.64	Ab	3.37	ns	3.38	ns	0.98	ns	0.99	ns

01(B)

Genótipo	Atividade				H				E			
	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 1		Coleta 2		Coleta 1		Coleta 2	
MON 810	16.66	A	21.01	B	3.42	ns	3.39	ns	1.00	ns	0.99	ns
Isolinha 1 + Q	17.17	A	19.76	A	3.41	B	3.37	A	0.99	ns	0.98	ns
Isolinha 1	13.19	A	20.58	B	3.38	A	3.41	B	0.99	ns	0.99	ns
BT11	14.12	A	18.09	B	3.41	B	3.37	A	0.99	ns	0.98	ns
Isolinha 2 + Q	14.38	A	20.93	B	3.42	ns	3.41	ns	1.00	ns	0.99	ns
Isolinha 2	15.39	A	18.83	A	3.40	ns	3.38	ns	0.99	ns	0.98	ns
HERCULEX	16.92	A	20.45	A	3.42	ns	3.40	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 3 + Q	14.90	A	20.02	B	3.40	ns	3.39	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 3	15.55	A	19.21	A	3.40	ns	3.40	ns	0.99	ns	0.99	ns
MON8034	13.89	A	20.57	B	3.40	ns	3.40	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 4 + Q	14.31	A	19.98	B	3.41	ns	3.41	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 4	15.06	A	22.15	B	3.40	ns	3.41	ns	0.99	ns	0.99	ns
DKB390 CINCO	16.14	A	18.70	A	3.41	ns	3.39	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 5	15.23	A	21.02	B	3.40	ns	3.41	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 5 + Q	17.46	A	20.02	A	3.41	ns	3.40	ns	0.99	ns	0.99	ns
IMPACTO VIPTERA	18.03	A	20.46	A	3.41	ns	3.41	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 6	13.62	A	20.27	B	3.39	ns	3.41	ns	0.99	ns	0.99	ns
Isolinha 6 + Q	16.85	A	21.17	B	3.40	ns	3.39	ns	0.99	ns	0.99	ns

Letras maiúsculas comparam médias entre coletas – Scott-Knott a 5% e letras minúsculas comparam médias entre colunas (genótipos) – Scott-Knott a 5%.

O efeito dos cultivos transgênicos não alterou significativamente a atividade metabólica, a diversidade nem a equitabilidade das comunidades quanto ao uso de fontes de carbono (Tabela 2). Em alguns casos foram

detectadas diferenças entre as épocas de coleta, e apenas no município de Sete Lagoas houve diferença significativa entre materiais transgênicos e sua isolínea na segunda coleta (Floração). No entanto, as maiores diferenças observadas ocorreram entre a isolínea que recebeu tratamento químico para controle de lagarta, apresentando maiores valores de atividade metabólica (Tabela 2 A), e a isolínea sem tratamento químico tendeu a apresentar menores valores de atividade metabólica (Tabela 2 A).

Essas avaliações são pontuais e necessitam de uma análise integrada dos fatores que afetam o cultivo das plantas para indicar tendências. As isolíneas não transgênicas apresentavam ataque de lagartas, o que pode ter reduzido a capacidade fotossintética dessas plantas, sendo necessário integrar dados de produção para que se possa fazer uma análise precisa desses tratamentos. A aplicação de defensivos é um outro fator que pode causar alterações. Assim, isolar o efeito da transgenia em relação a outras formas de cultivo é difícil devido a complexidade dos fatores que afetam a produção agrícola.

Conclusões e perspectivas

Projeto 1: O cultivo de milho Bt, nas condições avaliadas, não tem causado mudanças significativas na atividade das enzimas arginase, fosfatase ácida e alcalina e urease;

Projeto 1: O cultivo de milho Bt, nas condições avaliadas, não causou mudanças significativas no perfil metabólico de comunidades microbianas amostradas da rizosfera das plantas;

Projeto 2: Embora não tenha ocorrido diferença significativa, os dados obtidos apontam maiores valores de atividade metabólica no cultivo da isolínea com tratamento químico e milho Bt.

Espera-se, ao final desses projetos, poder integrar dados de análise microbiana com os de produção e fertilidade do solo, visando obter

uma resposta mais precisa dos efeitos da transgenia sobre a atividade e diversidade de populações microbianas.

Referências

HOGAN, C. M. Bacteria. In: DRAGGAN, S.; CLEVELAND, C. J. (Ed.). **Encyclopedia of Earth**. Washington: National Council for Science and the Environment, 2010.

WHITMAN, W. B.; COLEMAN, D. C.; WIEBE, W. J. Prokaryotes: the unseen majority. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 95, p. 6578-6583, 1998.

Grupo de discussão

“Biossegurança do Solo”

Coordenação: Ivanildo E. Marriel (Embrapa Milho e Sorgo)

Relatora: Christiane A. de Oliveira Paiva (Embrapa Milho e Sorgo)

Nomes dos participantes	E-mail
Eliane A. Gomes	eliane@cnpms.embrapa.br
Francisco Adriano de Souza	francisco.adriano@cnpms.embrapa.br
Maria Elizabeth Fernandes Correia	ecorreia@cnpab.embrapa.br
Orlando A. Vieira Cardoso	ocardoso@mct.gov.br
Luciano Rodrigues Queiroz	Irodqueiroz@yahoo.com.br

No Brasil, a área plantada com milho transgênico aumentou de 4,9% inicialmente em 2009, para 44,4% da área total em 2010. Importantes debates atuais estão relacionados com possíveis efeitos diretos ou indiretos da transgenia sobre populações de organismos não-alvos. Neste sentido, monitorar impactos de plantas transgênicas sobre microrganismos

mos chave do funcionamento de ecossistemas torna-se fundamental para se determinar como as comunidades microbianas e os processos biológicos no solo serão influenciados; entretanto, estes estudos são ainda incipientes nos trópicos.

A qualidade do solo é fundamental para a estabilidade e sustentabilidade de ecossistemas naturais e de agroecossistemas e, em parte, depende da estrutura e função das comunidades microbianas. Basicamente, o papel dos microrganismos no solo está associado à ciclagem de nutrientes, agregação e formação da fertilidade e biorremediação. Como os atributos biológicos do solo reagem mais rapidamente a quaisquer fatores abióticos que os químicos e físicos, podem ser usados como indicadores da qualidade do solo e da sustentabilidade agrícola. Por outro lado, há evidências claras de que parâmetros biológicos são úteis como indicadores sensíveis às mudanças iniciais de estresses ecológicos e/ou restauração da qualidade do solo, em função do sistema de manejo utilizado.

Diante deste cenário apontado pelo I Workshop de Plantas Transgênicas, foram destacados pontos a serem discutidos em mesa-redonda com profissionais da área de Microbiologia e interessados. Os tópicos abordados durante a realização da discussão foram:

Importância dos indicadores microbiológicos de qualidade do solo para avaliação do impacto de plantas transgênicas;

Atividade de enzimas envolvidas na ciclagem de nutrientes na rizosfera de plantas transgênicas de milho;

Biodiversidade do solo sob cultivo de plantas transgênicas de milho: métodos genéticos, abundância e metabólicos;

Transferência gênica entre microrganismos do solo sob cultivo de plantas transgênicas.

No início da discussão dos três primeiros tópicos, houve consenso ao se concluir que a definição de impactos de transgênicos sobre a microbiota do solo depende da avaliação dos indicadores microbiológicos de qualidade do solo durante um prazo mínimo de cinco anos sob cultivos sucessivos de plantas transgênicas. Esse prazo é importante, tendo em vista que os parâmetros microbiológicos estão relacionados com os do solo e sabendo-se que características físicas e químicas do solo sofrem alterações a longo prazo conforme o efeito da planta. Para se avaliar o efeito da proteína Bt no solo, bem como sua persistência e o acúmulo da palhada em plantio direto, também se faz necessário um prazo mais amplo para este tipo de medição.

Além do prazo de execução da avaliação microbiológica, foi também destacada a importância de se avaliar o efeito de cada evento transgênico nos diferentes tipos de solo, regiões, sistemas de manejo (consórcio, monocultura, etc.). Este efeito também deverá ser analisado por um prazo de pelo menos cinco anos em cada situação.

Algumas questões foram levantadas com relação aos transgênicos do futuro, ou seja, para cada caso, será necessário observar se os métodos utilizados para avaliação da comunidade microbiana são satisfatórios. O exemplo citado foi a possibilidade de que seja lançado no mercado um transgênico que contenha uma proteína exógena do solo, pois no caso da proteína Bt, esta já ocorre no solo e em plantas.

Ficou constatado, durante a discussão e pela leitura da Resolução Normativa 09, artigo 11, sobre transgênicos, que não existem normas claras para a avaliação da qualidade do solo com relação ao efeito do transgênico. A escolha dos parâmetros microbiológicos a serem monitorados seria feita de forma livre.

Diante deste cenário, este grupo de discussão decidiu delinear algumas etapas que seriam importantes para avaliação do impacto do evento transgênico na microbiota do solo. Foram então listados alguns bioindi-

cadadores sugeridos, segundo o consenso do grupo, e algumas observações foram feitas, que seguem abaixo.

Uma observação importante que foi apontada é a de que este monitoramento da qualidade microbiológica do solo vai depender do tipo de evento e da cultura, pois dependendo do tipo de substância liberada no solo ou pela decomposição da liteira e também do grupo de microrganismos que poderia ser afetado pela nova tecnologia é que se poderá definir claramente a sequência de etapas e os melhores índices a serem usados no processo de monitoramento. Um exemplo claro desta questão que foi citada é o feijão resistente ao mosaico lançado pela Embrapa. No caso desta cultura, seria de extrema importância pesquisar o efeito deste evento em microrganismos fixadores de nitrogênio.

As etapas citadas durante o debate estão listadas abaixo em ordem sequencial visando-se obter um modelo de análise e monitoramento como sugestão do grupo. Desta forma, os passos a serem seguidos seriam:

1 passo) Definir qual é a transformação que ocorreu na planta, ou seja, qual é o tipo de evento.

2 passo) Definir qual o tipo de solo e manejo, tipo de cultura.

Nesta etapa, sugeriu-se que para o conjunto de análises seriam também utilizados solos padrões, como é feito em outras análises de referência, como as de Ecotoxicologia. Estes solos seriam os de uso comum das culturas no Brasil.

Salientou-se que seria de extrema importância a definição do tipo de cultura porque para um evento em plantas perenes, como o eucalipto, por exemplo, o monitoramento de microrganismos deveria ser conduzido por prazo acima de cinco anos, como sugerido para as culturas anuais.

3 passo) Sugerir indicadores para avaliação da população microbiana do solo sob efeito da planta transgênica.

Diante das informações coletadas nos dois primeiros passos, seria possível sugerir alguns indicadores. Como não se tem real certeza do(s) melhor(es) indicador(es) para cada processo, o ideal seria selecionar os mais importantes dependendo do tipo de evento. Ou então seriam usados vários métodos num primeiro momento e depois, nas próximas avaliações, este uso poderia ser refinado por realização de análises estatísticas de correlação.

Foi consenso que um fluxograma de análises deverá ser desenhado para cada tipo de amostra e/ou tipo de evento.

Os bioindicadores sugeridos foram divididos em Bioindicadores que medem o bom funcionamento dos processos microbiológicos no solo e os que estão relacionados com os impactos da proteína sobre a microbiota. Também foi sugerida uma divisão em bioindicadores que poderiam ser usados na fase de pré-lançamento do transgênico, ressaltando-se que necessita-se de uma pesquisa mais intensa sobre tais possíveis impactos para definição de alguns indicadores para a etapa de monitoramento de pré-liberação do transgênico. Na fase de Pós-lançamento do transgênico (pós-monitoramento) seria usado um menor número de bioindicadores, realizando-se uma seleção dos mais eficazes citados no item A, com uso de ferramentas estatísticas como correlação múltipla. Seguem abaixo alguns exemplos de bioindicadores:

A.1) Indicadores de processos:

Métodos enzimáticos e/ou métodos específicos dependendo do tipo de evento, PCR em tempo real, atividade metabólica

Indicadores de medição de abundância de microrganismos no solo

Quantificação da população de microrganismos do solo e biota do solo (biomassa)

Indicadores de biodiversidade

Caracterização de grupos específico por uso de métodos moleculares: métodos moleculares de fingerprint de comunidade (ex.: DGGE, T-RFLP, ..)

Uso de metagenômica para caracterização de grupos específicos

A.2) Indicadores de persistência da proteína (se for o caso) ou outra substância, como enzimas.

Quantificação por ELISA

quantificação da taxa de decomposição e liberação de nutrientes.

Ao final da reunião do grupo, foi abordado o último tópico selecionado para discussão: “Transferência gênica entre microrganismos do solo sob cultivo de plantas transgênicas”. Considerando-se que os métodos atuais de transformação não utilizam antibióticos como marcadores, o risco de ocorrer esta transferência torna-se raro. O trabalho do grupo foi finalizado com uma apresentação oral na assembleia geral do Workshop, relatando os principais tópicos abordados. Não havendo perguntas e/ou questionamentos, encerram-se os trabalhos destacando-se a importância da avaliação microbiológica do solo e a inclusão de normas mais criteriosas para tal, como os exemplos de passos e etapas sugeridos acima.

Capítulo 4

Manejo de Resistência de Plantas Daninhas

Resistência de Plantas Daninhas no Brasil

Leandro Vargas, Décio Karam, Dionísio Pisa Gazziero, Dirceu Agostinetti
Pesquisador Embrapa Trigo;
Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo;
Pesquisador Embrapa Soja; Professor UFPel

Introdução

A tecnologia da soja transgênica, que permite o uso do glyphosate em pós-emergência da soja sem afetar a cultura, significou para os produtores a oportunidade de controlar as plantas daninhas de forma fácil, eficiente e com relativo baixo custo. Existem alguns casos em que o custo com herbicida foi reduzido em mais de 70%, viabilizando o cultivo da soja em alguns anos, como em 2005. Para a comunidade científica, essa tecnologia apresentou-se como uma importante alternativa para incrementar o manejo das plantas daninhas, principalmente de espécies resistentes aos inibidores da ALS. Como exemplo dessas plantas, tem-se o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e o picão-preto (*Bidens pilosa*), resistentes ao imazaquin (Scepter), já que o glyphosate possui mecanismo de ação diferente daqueles que vinham sendo utilizados para controlar as plantas daninhas seletivamente na cultura da soja. Dessa forma, a tecnologia da soja transgênica foi aceita e recomendada pela comunidade científica e adotada rapidamente pelos produtores. Entretanto, tanto os produtores como os técnicos foram surpreendidos

com a rápida seleção de espécies daninhas em resposta ao uso repetido do glyphosate.

Uma visão global indica que, apesar dos argumentos e da classificação do glyphosate como um produto de baixo risco para seleção de espécies daninhas resistentes, hoje já existem 12 dessas espécies resistentes a esse herbicida no mundo, com oito delas identificadas nos últimos quatro anos. O primeiro caso ocorreu com azevém (*Lolium rigidum*), na Austrália, em 1996, e depois surgiram diversos outros casos de biótipos resistentes, como capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), carurú (*Amaranthus palmeri*; *Amaranthus rudis*), losna (*Ambrosia artemisiifolia*), buva (*Conyza canadensis* e *Conyza Bonariensis*), azevém (*Lolium multiflorum*), sorgo-de-alepo (*Sorghum alepense*) e tanchagem (*Plantago lanceolata*). Dentre as espécies que manifestaram resistência ao glyphosate, a buva (*Conyza canadensis*) apresenta grande importância em algumas regiões do mundo, como nos Estados Unidos, onde o biótipo resistente ocorre em grande parte do chamado “cinturão do milho”, e também no Brasil, onde a resistência ao glyphosate já foi confirmada tanto em populações de *Conyza bonariensis* como de *Conyza canadensis*. Sabe-se que a buva aparece com grande frequência na maioria das regiões de soja e milho em nosso país, o que aumenta ainda mais a preocupação em relação a este problema.

O número de plantas daninhas resistentes ao glyphosate está aumentando rapidamente em áreas cultivadas com soja transgênica em países como os Estados Unidos. No Brasil, foram identificadas três espécies resistentes [buva, azevém e capim-amargoso (*Digitaria insularis*)] e quatro tolerantes [leiteiro, corriola, trapoeraba e poaia (*Richardia brasiliensis*)] e a identificação de outras espécies dependerá do modo que o glyphosate será utilizado nos próximos anos.

Situação atual no Rio Grande do Sul

A soja transgênica está presente em praticamente toda a área cultivada com soja no Rio Grande do Sul. O glyphosate é usado de forma repe-

tida (antes da semeadura e na pós-emergência da soja) e, com raras exceções, como único produto e método de controle, impondo grande pressão de seleção de espécies tolerantes e/ou resistentes. O resultado é evidente em diversas lavouras havendo seleção das plantas daninhas tolerantes como a corda-de-viola (*Ipomoea* sp.), o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), a poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) e a trapoeraba (*Commelina* sp.), e seleção de espécies resistentes como o azevém e a buva. Os dois primeiros casos de resistência ao glyphosate no Brasil foram identificados no Rio Grande do Sul (azevém em 2003 e buva em 2005). Casos de biótipos de buva e azevém resistentes ao glyphosate também foram identificados no Paraná assim como de buva no estado de São Paulo. O uso continuado e repetido é considerado a principal causa para seleção de espécies tolerantes e/ou resistentes.

A Embrapa Trigo, a Fundacep e a Universidade de Passo Fundo estão monitorando os casos de resistência e tolerância que ocorrem no Rio Grande do Sul. Na safra de soja de 2006/2007 foram avaliados na Embrapa Trigo 39 casos de suspeita de resistência, sendo 19 casos de suspeita de resistência em leiteiro; 5 casos de suspeita em buva e 15 casos de suspeita em azevém. Na safra de 2007/2008 foram avaliados na Embrapa Trigo 23 casos de suspeita de resistência em leiteiro; 42 casos de suspeita em buva; 11 casos de suspeita em azevém; 5 de capim-pé-de-galinha e 3 de milhã (*Panicum sanguinale*). Todas as amostras (casos) de azevém e buva foram positivos para resistência, ou seja, as amostras enviadas para teste eram de plantas resistentes ao glyphosate. Já os testes com leiteiro, pé-de-galinha e milhã foram todos negativos, indicando que os casos avaliados se tratavam de falhas de controle e não resistência. Para o controle eficiente dessas espécies deve-se observar o estágio vegetativo da planta daninha e a dose indicada na bula do produto.

O impacto da seleção de espécies está, principalmente, no custo de produção, já que o produtor terá que utilizar outros herbicidas na área, normalmente com custo superior ao do glyphosate e com menor eficiência, resultando em maior gasto com herbicida, menor controle e

perdas na produção. Assim, o produtor que desejar usar a tecnologia da soja transgênica por maior tempo deverá adotar medidas de prevenção e controle de plantas daninhas tolerantes e resistentes.

Situação atual no Paraná e Região Central do Brasil

O histórico das áreas de produção da “soja RR”, resistente ao glyphosate, no estado do Paraná é um pouco mais recente do que as do Rio Grande do Sul. Mas os problemas com plantas daninhas resistentes são semelhantes. O mesmo histórico de uso continuado dos herbicidas metribuzim e imazaquin também resultou na seleção de biótipos tolerantes e resistentes. Da mesma forma que o uso continuado de graminicidas inibidores da ACCase resultou na seleção de espécies resistentes aos produtos com este mecanismo de ação. A resistência das plantas daninhas aos herbicidas da soja convencional cresceu rapidamente não só pelo uso continuado dos mesmos produtos, mas também devido a outros fatores que devem ser destacados, dada a importância. Assim como no Rio Grande do Sul, no Paraná, a maioria das propriedades são pequenas e utilizam máquinas alugadas, o que contribuiu para a disseminação. Parte do estado tem inverno relativamente quente e com distribuição de chuva no período, permitindo que algumas espécies, como picão-preto e leiteiro, tenham até 3 ou 4 gerações por ano. Adicionalmente, no final dos anos 90, o milho safrinha passou a ser cultivado com grande frequência e como era considerada uma cultura de risco, pelo menos 80% das áreas não utilizavam herbicidas. O restante utilizava dose abaixo da recomendada, e isto contribuiu para o rápido aumento do banco de sementes, e tornou difícil o controle no verão seguinte, assim como acontece nas áreas deixadas em pousio. O problema se agravou com o tempo, e a pressão do banco de sementes associado aos problemas com plantas resistentes estimulou o cultivo da soja RR. Uma das grandes preocupações com essa tecnologia era a seleção de plantas tolerantes ao glyphosate, como a trapoeraba e a corda-de-viola. Porém, a resistência de plantas daninhas a esse herbicida acabou sendo um dos fatores mais preocupantes. Inicialmente foram identificados biótipos de azevém resistentes ao glyphosate na re-

gião central do estado, que possui clima semelhante ao do Rio Grande do Sul. Mais tarde sugeriram biótipos de buva resistentes na região oeste do estado, cujo clima é mais ameno, e recentemente foram identificados biótipos de capim-amargoso, também resistente ao glyphosate, na mesma região. Nos três casos, trata-se de espécies que vegetam antes do cultivo da soja, mas se não forem bem controladas podem se tornar um problema também para a cultura. Tanto a buva como o amargoso possuem sementes pequenas facilmente carregadas pelo vento, o que pode facilitar a rápida disseminação.

No Brasil Central ainda não foram oficializados casos de resistência de plantas daninhas resistentes ao glyphosate, mas sabe-se que buva e capim-amargoso compõe a lista das espécies mais importantes da região. Esse fato, no mínimo, serve como um alerta para justificar a adoção de técnicas que envolvem a prevenção e o controle de plantas resistentes.

O que fazer?

A maior motivação para adoção de práticas de prevenção e manejo da resistência por parte do produtor resulta da resposta da seguinte pergunta: na impossibilidade de uso do glyphosate qual herbicida será utilizado? Seja qual for a resposta, o mais provável é que será um herbicida menos eficiente, com maior custo e maior impacto ambiental.

A decisão está nas “mãos” do produtor. Porém, cabe à assistência técnica apresentar alternativas de manejo para que o produtor decida levando em consideração as suas preferências. Contudo, é importante salientar que para evitar o agravamento da seleção de espécies tolerantes e/ou resistentes, e prolongar o tempo de utilização eficiente da tecnologia das culturas resistentes ao glyphosate, o produtor deve adotar medidas de manejo para prevenir a seleção de espécies resistentes e/ou tolerantes, pois o custo para combater é maior. Dentre várias práticas de manejo as principais indicadas são:

a) Não usar mais do que duas vezes herbicidas com o mesmo mecanismo de ação na mesma área.

Em casos onde a seleção de espécies resistentes e/ou tolerantes ocorrer, deve ser implantado um sistema de rotação de mecanismos de ação herbicida, eficazes sobre as espécies problema.

b) Monitorar e destruir plantas suspeitas de resistência.

Após a aplicação do herbicida as plantas que sobreviverem devem ser arrancadas, capinadas, roçadas, ou seja, controladas de alguma forma evitando que essas plantas produzam sementes e se disseminem na área.

c) Fazer rotação de culturas.

A rotação de culturas oportuniza a utilização de um número maior de mecanismos de ação herbicidas.

Grupo de Discussão

“Plantas Daninhas”

Coordenação: Décio Karam (Embrapa Milho e Sorgo)

Relatora: Deise Maria Fontana Capalbo (Embrapa Meio Ambiente)

Nomes dos participantes	E-mail
Alexandre Ferreira da Silva	Alexandre.silva@cnpms.embrapa.br
Wagner Tompson Estanislau	wagner.tompson@rehtagro.com.br
Cidália Gabriela S. Marinho	gabriela@ufsj.edu.br
Marcos André Paggi	paggi@copercampos.com.br

Cultivares de milho transgênico constituem uma importante ferramenta na agricultura atual, entretanto, não evita que os produtores utilizem a mistura de tanque sendo, portanto, necessário haver planejamento, pesquisa e informação. Em função disto, foi definido pelo grupo ampliar a discussão sobre mistura (de tanque) de herbicidas para controle de plantas daninhas:

Pontos relevantes:

1. Falta de normatização para uso da mistura de tanque;

Embora este assunto esteja sendo apontado em vários segmentos da agricultura (ministérios, academia, Andef, empresas, etc.), ele deve ser discutido como prioridade, e de preferência com a indicação de ações objetivas.

2. O uso das misturas de tanque independe da utilização de cultivares transgênicos resistentes a herbicidas, visto que há necessidade de controle da resistência de plantas daninhas em todo e qualquer sistema de produção.

3. Necessidade de geração de um documento esclarecedor (mobilização de grupos) para provocar uma reação e construir a normatização o mais rápido possível.

4. Necessidade de geração de conhecimentos (pesquisa), pois o problema de resistência de plantas daninhas é conhecido e previsível. Caso haja a normatização do uso da mistura de tanque, esta ocorrerá após a liberação do uso de cultivares resistentes a herbicidas.

5. Informação e capacitação do produtor para uso correto de todas as ferramentas disponíveis na agricultura através de ações proativas como um alerta em formato impactante (campanha nacional, programa de TV, etc.), para que o agricultor se sensibilize dos problemas que estão

ocorrendo. Importante não deixar de inserir uma mensagem sobre o impacto econômico do controle ou não de plantas daninhas.

6. Esclarecer aos produtores sobre a existência de vários tipos de cultivares transgênicos com características de resistência a herbicidas e tolerância a insetos. Isto se deve a necessidade do produtor de desvincular o termo transgênico de cultivares resistentes ao glyphosato ou cultivares de milho Bt. Na discussão do grupo foi relembada a deficiência na extensão rural pública para que as informações cheguem ao produtor.

7. Faz-se necessária a participação de todos os segmentos ligados ao sistema de produção, para resolver os problemas relacionados ao uso de cultivares transgênicos (regulamentação, produtor, pesquisa e indústria). Lembrar também a necessidade de promover a definição de qual tipo de planta pode/deve ser utilizada no refúgio, principalmente em relação a tolerância a herbicidas.

8. Não são as plantas transgênicas que trazem o problema da resistência. A resistência de plantas daninhas já é conhecida muito antes da introdução de cultivares transgênicos resistentes a herbicidas. Portanto, não se pode culpar a tecnologia dos transgênicos pelo surgimento de plantas daninhas resistentes e sim o uso inapropriado dos herbicidas.

9. A tecnologia dos transgênicos necessita de profissionalização e planejamento. Após a introdução das cultivares transgênicas, o produtor deverá planejar de forma mais apropriada, profissionalizando as atividades de plantio, manejo e colheita.

10. Novos sistemas (transgênico) e as plantas tiguera. Adequar os sistemas de produção com o uso de cultivares resistentes a herbicidas, para as não existências de plantas tiguera resistentes ao mesmo modo de ação do herbicida utilizado na cultura em sucessão.

Capítulo 5

Impactos Ambientais do Milho Bt em Organismos Não-alvo

Pesquisa e Monitoramento da Comunidade de Insetos em Milho Transgênico

Profa. Dra. Marina Regina Frizzas

Universidade de Brasília, Departamento de Zoologia,

Instituto de Ciências Biológicas, Campus Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 Brasília, DF.

O Brasil é o segundo país em área plantada com culturas transgênicas (aproximadamente 19%). Em 2009, 26% da área mundial plantada com milho era transgênico, representando 42 milhões de hectares. Levantamentos indicam que mais de 60% da área plantada no Brasil com a cultura sejam de milho transgênico.

Apesar dos benefícios da utilização das plantas geneticamente modificadas, questionamentos sobre os prováveis efeitos desta tecnologia em vários níveis da comunidade de insetos têm sido levantados. Esse tema tem despertado o interesse dos pesquisadores e dos órgãos de regulamentação, principalmente com relação à possibilidade das plantas transgênicas afetarem os organismos não-alvo de diferentes níveis tróficos (parasitoides, predadores, polinizadores e a biota do solo) e, provável evolução da resistência de pragas às proteínas de *Bacillus thuringiensis*.

Os mecanismos por meio dos quais as plantas transgênicas podem afetar os inimigos naturais são muito complexos, e dependem de uma ampla gama de fatores. Entre esses fatores tem-se: o nível de resistência da planta, a especificidade da proteína expressa, em quais tecidos da planta e por quanto tempo esta proteína será expressa, e o manejo da cultura, envolvendo a aplicação de inseticidas e o controle de plantas daninhas. Em geral, as proteínas de *B. thuringiensis* são expressas em altas doses nos tecidos da planta e, dependendo do promotor utilizado, também podem ser expressas no pólen, sementes e raízes. Assim, os predadores, importantes agentes de controle natural, podem ser afetados ao se alimentarem: do pólen de plantas geneticamente modificadas, de presas que se alimentaram da seiva de plantas transgênicas e diretamente da presa que a planta transgênica visa controlar, tanto pelo efeito direto da proteína sobre o inimigo natural como pela redução na qualidade nutricional da presa. Além disso, as plantas transgênicas podem afetar de modo diferenciado os predadores especialistas e generalistas, sendo que os últimos podem permanecer na cultura e se alimentarem de presas alternativas contribuindo para o controle de pragas. Já os parasitoides podem ser afetados pela redução na qualidade e quantidade do hospedeiro, ao se alimentarem de flores, seiva, pólen e néctar das plantas e por mudanças na emissão de compostos voláteis pela planta e no comportamento do hospedeiro.

Vários trabalhos foram desenvolvidos com o intuito de avaliar o efeito do milho geneticamente modificado sobre os insetos praga da cultura e sobre os organismos não- alvo, tanto em condições de laboratório como em campo. No entanto, poucos estudos têm avaliado o efeito do milho geneticamente modificado sobre a comunidade de insetos, os quais são essenciais para a avaliação do efeito das plantas geneticamente modificadas sobre o ecossistema como um todo, principalmente em países tropicais, como o Brasil, que possuem elevada biodiversidade. Já que a conservação da biodiversidade, levando-se em consideração principalmente os agentes de controle biológico, é um importante componente a ser considerado no manejo de pragas, a sua avaliação

através dos índices de riqueza e diversidade pode auxiliar na indicação dos possíveis impactos ambientais do milho transgênico.

No Brasil, estudos foram conduzidos com os milhos MON810 e Bt 11, que expressam o gene *cry1Ab*, e com o milho MIR 162, que expressa o gene *Vip 3A*, visando avaliar (1) a comunidade de insetos por meio dos índices de riqueza, diversidade e uniformidade; (2) os grupos funcionais (mastigadores, sugadores, predadores, parasitoides, polinizadores e decompositores) e (3) as espécies mais abundantes em cada um destes grupos. Os levantamentos foram realizados em 9 locais (4 em São Paulo, 1 no Paraná e 4 em Minas Gerais), 11 safras (verão, safrinha e inverno) com 3 tratamentos (milho geneticamente modificado e milho convencional com e sem a aplicação de inseticidas), por meio da coleta de insetos com rede entomológica, bandeja d'água, cartões adesivos e armadilhas para coleta de insetos de solo do tipo *pitfall*.

Os resultados desse trabalho mostram-nos que os milhos geneticamente modificados (MON810, Bt 11 e MIR 162) não afetaram a comunidade de insetos em nenhum dos locais e safras avaliados. Diferentes tipos de análises foram utilizados: comparação das principais ordens de insetos, índices de riqueza, diversidade e uniformidade, índice de similaridade, abundância e diversidade, análise de componentes principais. Os resultados se mantiveram inalterados entre os tratamentos em todas as análises, quando se abordou a comunidade de insetos como um todo. Entretanto, diferenças foram observadas quando se analisaram grupos funcionais e principalmente espécies mais abundantes em cada grupo.

Diante do exposto, parece que possíveis diferenças entre os milhos geneticamente modificados e os milhos convencionais são detectadas apenas quando se analisam grupos funcionais e/ou espécies e não a comunidade de insetos.

Muitas vezes estes estudos com comunidades de insetos acabam sendo opções menos atraentes pelas várias dificuldades encontradas.

Como exemplo disso tem-se: a necessidade de uma equipe eficiente e treinada, disponibilidade de tempo para a triagem do material coletado, recursos financeiros escassos, falta de especialistas na sistemática da maioria dos grupos e poucas coleções científicas para catalogação das espécies. Além disso, é de extrema importância a padronização dos métodos de amostragem e do tamanho da área amostrada visando a comparação dos resultados obtidos. Uma avaliação precisa e segura dos potenciais impactos das plantas geneticamente modificadas sobre a comunidade de insetos requer um protocolo experimental. Esse protocolo permitirá a execução das coletas e da triagem dos insetos de forma a proporcionar a comparação entre resultados, que seja financeiramente compatível e que represente efetivamente o que ocorre no campo.

No entanto, é sabido que a comunidade de insetos varia muito entre safras, regiões e locais. Portanto, generalizações ou mesmo a escolha de espécies indicadoras adequadas devem ser feitas respeitando estas particularidades, pois determinadas espécies podem ser bastante representativas para uma região do país, mas não para outras. Diante do exposto, conclui-se que com a realização de estudos da comunidade de insetos será possível monitorar variações na entomofauna com o plantio de culturas transgênicas ao longo do tempo, e também será possível detectar e escolher as espécies indicadoras mais adequadas para as diferentes regiões produtoras do país.

Contribuições das Instituições Privadas no Monitoramento de Organismos Não-alvo em Milho Transgênico

Antonio Cesar dos Santos,
Renan Gravena
Santin Gravena
Down Agrosience

O desenvolvimento de plantas com introdução de genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner foi um dos projetos pioneiros em biotecnologia de plantas. A utilização de toxinas produzidas por *B. thuringiensis* é desejável em programas de controle de insetos devido à alta especificidade e rápida degradação pelo ambiente. O uso de culturas Bt pode ter um impacto positivo na biodiversidade, pois as reduções de pulverizações podem permitir a sobrevivência de insetos benéficos. O uso extensivo de produtos químicos de alto impacto, utilizados no controle de herbívoros considerados agronomicamente de importância primária, frequentemente diminui o controle natural que mantém em equilíbrio outros herbívoros considerados de importância secundária. Se o plantio de culturas geneticamente modificadas diminuir a necessidade de uso de inseticidas de amplo espectro, os agentes naturais terão maior possibilidade de manter-se em equilíbrio com os herbívoros não-alvo, favorecendo uma maior diversidade e abundância de insetos. Monitoramentos realizados nos EUA em campos de milho Bt (Cry1F) desde sua liberação comercial têm demonstrado que a densidade populacional e a biodiversidade de insetos não têm diferido significativamente quando comparadas com as de campos de milho não Bt.

No Brasil diversos estudos têm sido realizados desde 2005 até o presente momento, com o objetivo de avaliar o efeito do milho geneticamente modificado que expressa a proteína Bt Cry1F, sobre a comunidade de artrópodes não-alvo. Os tratamentos utilizados têm sido o milho Bt – Cry1F, milho convencional e milho convencional com aplicação de

inseticidas. Na safra 2005/2006, os estudos foram realizados nos municípios de Toledo-PR e Itumbiara-GO. Em 2006/2007, as localidades foram Mogi Mirim-SP e Indianópolis-MG. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 repetições. Foram utilizadas parcelas de aproximadamente 30 x 50 metros. A comunidade de artrópodes foi avaliada por meio de coleta de solo e posterior separação e quantificação; coleta através de armadilhas de solo (*pitfall*), bandeja amarela com água e cartão adesivo amarelo; e a contagem visual nas plantas de milho. As avaliações foram realizadas nos estágios V6, V8, VT, R1-2, R3 e R4. Entre 2008 e 2010, foram realizados 12 estudos em Jardinópolis, Mogi Mirim e Cravinhos-SP, Castro-PR e Indianópolis-MG. Nestes casos foram utilizadas parcelas de 12 linhas x 8 metros e as avaliações foram realizadas em V7-8, VT, R1-2, R3-4.

Os artrópodes mais abundantes no solo foram os ácaros Oribatida, Collembola e a formiga *Pheidole* sp. e não foi constatado impacto negativo do milho Bt (Cry1F) sobre os artrópodes não-alvo no solo.

Considerando-se as armadilhas de solo (*pitfall*), bandeja amarela e cartão adesivo amarelo, os principais artrópodes presentes nas áreas de estudo foram os fitófagos *Euxesta* sp., *Rhopalosiphum maidis* e Cicadélídeos; os predadores *Condylostylus* sp.; os parasitoides, *Trichogramma* sp. e aqueles pertencentes à família Aphidiidae; os decompositores Drosophilidae, Heleomyzidae, Tenebrionidae, Phoridae e *Colopterus* sp. Os tratamentos não diferiram quanto à ocorrência da maioria destes artrópodes. As comunidades de artrópodes comparadas pelos índices de diversidade e equitabilidade e pela análise de componentes principais não diferiram entre si na maioria das formas de avaliação (solo, armadilha de solo, armadilha de bandeja amarela e cartão adesivo amarelo).

O artrópode mais abundante nas avaliações visuais das plantas foi a tesourinha *Doru luteipes*, representando em média 70% do total de predadores encontrados. As populações de tesourinhas no milho Bt não diferiram significativamente do milho convencional com ou sem inseticidas. Os demais predadores encontrados foram os percevejos *Orius* sp.

e *Geocoris* sp., a joaninha *Cycloneda sanguinea*, o crisopídeo *Hemero-bius* sp., o sirfídeo *Toxomerus dispar* e a aranha *Chiracantium* sp. Não havendo também nestes casos, diferença significativa entre o milho Bt – Cry1F e o milho convencional sem aplicação de inseticidas.

Além da tesourinha outros artrópodes foram encontrados com altas frequências nas avaliações visuais. Entre eles destacam-se: *Lebia concinna*, *Diabrotica speciosa*, *Maecolaspis occidentalis*, *Cycloneda sanguinea*, *Hippodamia convergens*, *Lagria villosa* e *Astylus variegatus* (Coleoptera); *Doru luteipes* (Dermaptera); *Condylostylus* sp., *Euxesta* sp., *Allograpta* sp., *Toxomerus politus* (Diptera); *Orius* sp., *Rhopalosiphum maidis*, *Dalbulus maidis*, *Leptoglossus zonatus*, *Geocoris* sp., *Zellus* sp. (Hemiptera); *Apis mellifera* (Hymenoptera); *Chrysoperla externa* (Neuroptera) e aranhas em geral. Não foram observadas diferenças significativas quando o milho Bt – Cry1F foi comparado com o milho convencional sem aplicação de inseticidas.

Mais recentemente o monitoramento de organismos não-alvo no milho Cry1F tem sido realizado em áreas comerciais em diversas regiões do país. Como constatado nos estudos prévios realizados de 2005 a 2010, efeitos negativos sobre a comunidade de artrópodes não-alvo não têm sido observados.

Organismos Não-alvo na Cultura do Milho Geneticamente Modificado

Simone M. Mendes e Daniela Resende
Pesquisadora Embrapa Milho e Sorgo e Pós-Doutoranda
Embrapa Milho e Sorgo.
Sete Lagoas, MG. simone@cnpms.embrapa.br

Plantas geneticamente modificadas (GM) desenvolvidas para resistir a insetos praga, podem produzir impactos positivos ao ambiente devido à redução de uso de inseticidas químicos na cultura, com os consequentes benefícios associados. Por outro lado, impactos negativos poten-

ciais, como a redução de espécies benéficas e o aumento de pragas não-alvo, podem ocorrer, devido ao plantio em larga escala desse tipo de planta (CAPALBO; FONTES, 2004). A cultura do milho abriga não somente os lepidópteros praga, mas uma comunidade de artrópodes, que desempenham diferentes papéis na lavoura, seja como insetos praga, seja como reguladores das populações de herbívoros.

As interações tritróficas precisam ser melhor compreendidas, pois existem muitos fatores que afetam o complexo agroecossistema. Assim, vários questionamentos sobre o impacto do plantio do milho Bt em larga escala, enfatizando aspectos comportamentais dos artrópodes, podem ser feitos. A seleção de espécies indicadoras para os estudos deve ser feita de acordo com o grau de exposição à proteína, que depende da disponibilidade da presa e da expressão do gene bt na planta, aliado ao conhecimento prévio sobre o agroecossistema, principalmente sobre espécies de artrópodes com possibilidade de risco. Sendo assim, como muitos inseticidas convencionais, esta nova tecnologia tem o potencial de alterar o controle biológico natural, por meio de efeitos diretos e indiretos no custo adaptativo comportamental ou ecológico dos inimigos naturais (INs).

No Brasil, após quatro anos de cultivo, as principais alterações da comunidade de insetos percebidas nas lavouras de milho ocorreram na redução dos insetos alvo, com consequente redução de parasitoides específicos e na comunidade de herbívoros pragas. Observou-se ainda um aumento da ocorrência de herbívoros sugadores, atingindo estes, em muitos casos, o *status* de praga. Nesse cenário, as espécies de inimigos naturais, sobretudo parasitoides, também têm sido alteradas.

Estudos sobre possíveis efeitos das plantas GM sobre IN são considerados importantes, tanto pelo papel chave destas espécies nos agroecossistemas, fornecendo o serviço de controle biológico de pragas, quanto pelo elevado nível trófico deste grupo, o que o tornaria bom indicador de impactos ecológicos (GROOT; DICKE, 2002). Do ponto de vista dos IN, possíveis desvantagens na utilização dessas plantas são o efeito direto

da toxina sobre esses entomófagos e o efeito indireto, causado pela redução da quantidade e da qualidade das presas, tornando-as inadequadas para o desenvolvimento do IN. Por outro lado, a presença da toxina pode aumentar a vulnerabilidade da presa-alvo, facilitando o ataque do predador e, além disso, a redução do uso de pesticidas pode resultar no aumento da disponibilidade de presas secundárias. Assim, as relações tritróficas oriundas da utilização de plantas Bt podem variar do sinergismo ao antagonismo total, dependendo do cenário considerado.

Romeis et al. (2006) propuseram uma sequência de estudos para a avaliação do efeito da toxina sobre organismos não-alvo, verificando: 1) se o IN ingere a toxina Bt; 2) se a presa é suscetível à toxina e 3) se o parasitóide ou predador ingere a toxina diretamente da planta. Ainda segundo esses autores, as variáveis que deveriam ser avaliadas seriam a sobrevivência, o desenvolvimento e a reprodução, sobretudo nos estágios mais sensíveis e relevantes. Nos primeiros testes de laboratório, dever-se-ia optar pela exposição máxima à toxina e, como os efeitos da proteína pura podem não ser idênticos às possíveis interações encontradas na planta, deve-se utilizar, preferencialmente, a planta GM. No entanto, esta metodologia proposta pode reduzir a escala de pesquisa, pois muitas interações comportamentais dos insetos envolvidos, sobretudo dos INs, estão sendo desconsideradas.

As plantas GM podem ainda afetar os predadores, de forma diferenciada. Algumas espécies preferem se alimentar de presas que se alimentaram do milho Bt, em função da sua baixa reação de defesa ao ataque do predador. E esse comportamento pode alterar a quantidade de proteína Bt ingerida pelo predador em condições de campo (Mendes, et al 2012). Além disso, quando se estudam variáveis biológicas utilizando presas expostas a altas concentrações da proteína Bt, a qualidade nutricional desse inseto presa é certamente alterada. Isso pode levar o predador confinado em testes de laboratório a um desenvolvimento inferior ou mesmo a morrer de inanição, o que pode levar a conclusões inadequadas dos possíveis efeitos das proteínas Bt sobre estes organismos não-alvo.

Ensaio realizados em condições de parcelas experimentais também podem não ser suficientes para prever o efeito da proteína Bt sobre organismos não-alvo, por desconsiderar efeitos como a capacidade de dispersão natural dos insetos e suas consequências sobre a colonização de pequenas parcelas. Já em avaliações de campo, as informações geradas não estão fornecendo resultados satisfatórios sobre os efeitos sobre organismos não-alvo. Desta forma, seria importante a realização de estudos com um foco direcionado, tanto com relação ao grupo de organismos quanto às perguntas a serem respondidas. Assim, nas avaliações de campo, a condução de ensaio deve ser feita, criteriosamente, com foco nas respostas que se busca analisar.

Por fim, uma melhor compreensão dos agroecossistemas pode resultar em incrementos consideráveis nos estudos de biossegurança, permitindo, por exemplo, estudos direcionados à avaliação de funções ecológicas, entre elas, o controle biológico natural de pragas.

Referências

- CAPALBO, D. M. F.; FONTES, E. M. G. **GMO guidelines project**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 56p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 38).
- GROOT, A. T.; DICKE, M. Insect-resistant transgenic plants in a multi-trophic context. **The Plant Journal**, Oxford, v. 31, p. 387-406, 2002.
- ROMEIS, J.; MEISSLE, M.; BIGLER, F. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. **Nature Biotechnology**, New York, v. 24, n. 1, p. 63-71, 2006.

Impactos do Milho Bt em Pragas Não-alvo

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Embrapa Clima Temperado, ana.afonso@cpact.embrapa.br

No Brasil, a evolução da cultura do milho nas últimas décadas foi marcante, saindo de uma condição de lavoura, principalmente de subsistência, para uma atividade comercial de relevância econômica no agronegócio. Para isso, foram realizados investimentos expressivos em tecnologia, com o uso de corretivos, adubação, mecanização, cultivares melhoradas e um melhor manejo cultural. Práticas como o plantio direto, a irrigação e o cultivo da safrinha levaram a alterações significativas no agroecossistema brasileiro (WAQUIL, 2009).

Dentre os entraves na produção de milho com híbridos de alto investimento estão as pragas. Altas infestações vêm causando danos severos, limitando o teto produtivo de híbridos de alto desempenho. O Manejo Integrado de Pragas surgiu para minimizar esses prejuízos, com a utilização responsável dos insumos agrícolas (LOURENÇÃO et al., 2009).

A liberação do milho Bt no mercado, a partir da safra 2008/09, promoveu uma verdadeira revolução no manejo de pragas nessa cultura. Em geral, a adoção da tecnologia Bt tem promovido redução de perdas da produtividade da ordem de 20%, pelo melhor controle das lagartas que atacam o milho. Além da redução das perdas diretas causadas pelos danos das lagartas na espiga, que podem atingir até 30%, também ocorre redução dos danos indiretos (abertura da espiga para entrada de microrganismos), com menor incidência de micotoxinas nos grãos. Entre outras vantagens, podem-se citar os ganhos indiretos como redução da aplicação (WAQUIL, 2009).

No entanto, a adoção da tecnologia Bt pode proporcionar o surgimento e/ou elevação do status de não praga para praga, ou seja, organismos que permaneciam no nível de equilíbrio podem passar a atingir o nível de controle, devido à mudança que pode haver no agroecossistema.

As pragas até o momento consideradas não-alvo da tecnologia Bt são lagartas, percevejos, pulgões, cigarrinhas, tripes e *Diabrotica* spp.

As lagartas que não são consideradas alvos da tecnologia Bt e que podem tornar-se fonte de preocupação podem ser divididas em três grupos:

Complexo de *Spodoptera*: *Spodoptera ornithogalli*, *S. marima*, *S. latifascia*, *S. albula*, *S. exigua*, *S. cosmioides*, *S. dolichos*, *S. eridani*, e *S. androgea*;

Desfolhadoras: *Achyra bifidalis*, *Pseudaletia* spp. e *Mocis latipes*;
Solo: *Agrotis malefid* e, *Peridroma saucia*.

Os danos causados por percevejos muitas vezes não são percebidos pelos produtores, pois é uma praga de difícil verificação nas lavouras, normalmente se identificam as injúrias e não a praga, e pode haver a ocorrência de mais de uma espécie. As espécies mais frequentemente encontradas são *Dichelops* sp. e *Euchistus heros*. Esses insetos introduzem seu estilete nas plantas de milho, sugam nutrientes e injetam toxinas, resultando em plantas de milho anãs, plantas perfilhadas sem produção, menor população de plantas e menor produtividade.

O pulgão *Rhopalosiphum maidis* possui coloração verde-azulada, as formas ápteras com cerca de 1,5 mm e vivem em colônias onde excretam uma substância açucarada em que se desenvolve um fungo (fumagina), que recobre a folha, prejudicando a atividade fotossintética da planta. Atacam folhas e panículas e são responsáveis pela transmissão do vírus do mosaico comum do milho. Causa danos severos quando associado à seca e alta temperatura no pré-florescimento/florescimento, podendo causar esterilidade induzida quando o ataque ocorre no florescimento. Ocorrem diferenças de sensibilidade entre híbridos.

Dalbulus maidis é vetor de doenças como o vírus do rayado fino e dois mollicutes *Spiroplasma kunkelli* (enfazamento pálido) e fitoplasma (enfazamento vermelho). Em plantios tardios e em áreas irrigadas o inseto

e os patógenos são favorecidos. A cigarrinha *D. maidis* causa danos diretos pela sucção de seiva realizada por adultos e ninfas. São comumente encontradas no cartucho da planta. A cigarrinha *Deois flavopicta* tem infestado o milho em função da dispersão de adultos proveniente de áreas de pastagens, principalmente daquelas formadas com capins do gênero *Brachiaria*.

O tripses *Frankliniella williamsi* tem causado danos em milho no Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais e São Paulo, sendo maior o problema em milho recém-germinado, pois causa o aparecimento de estrias esbranquiçadas e finas.

O fator de preocupação em relação à *Diabrotica* spp. é decorrente de que este inseto ocorre em todos os estados brasileiros. O inseto adulto alimenta-se de folhas, brotações novas, vagens ou frutos de várias culturas, e as larvas, por serem de hábito subterrâneo, têm causado perdas significativas de produtividade de milho e em batata.

Considerações

Para que as pragas hoje consideradas não-alvo da tecnologia Bt não atinjam o status de praga são necessárias ações voltadas, principalmente, para o monitoramento. Estratégias relacionadas ao nível de controle, também se fazem necessárias, pois a decisão de quando controlar será fundamental para o sucesso da cultura. Atrelado ao nível de controle é necessário que se busquem moléculas capazes de controlar esses insetos, através de teste de eficiência e praticabilidade agrônômica, buscando o registro junto aos órgãos competentes.

Referências

LOURENÇÃO, A. L. F.; BARROS, R.; MELO, E. P. de. Milho Bt: uso correto da tecnologia. In: TECNOLOGIA e produção: milho safrinha e culturas de inverno. Maracajú: Fundação MS, 2009. p. 79-89.

WAQUIL, J. M. Introdução dos híbridos Bt: uma revolução no MIP do milho. **Página Rural**, 11 maio 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68767/1/Introducao-hibridos-1.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2012.

Grupo de Discussão

“Grupo: Organismos não-alvo – Artrópodes Benéficos”

Coordenação: Marina Regina Frizzas (UnB)

Relatora: Carmen Pires (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia)

1. Composição do grupo

O grupo de discussão sobre organismos não-alvo – artrópodes benéficos contou com 12 participantes, sendo metade deles profissionais (professores e pesquisadores) que têm algum tipo de experiência com temas relacionados à análise de risco de plantas GM e os demais, alunos de pós-graduação e de graduação, alguns trabalhando em projetos no tema.

Nome	E-mail
Anderson Oliveira Latini	aolatini@ufsj.edu.br
Rosângela Cristina Marucci	rosangela@reagro.com.br
Elizabeth Aguilera	eaguilera@corpoica.org.co
Danilo Fernández Rios	danilofernandezrios@gmail.com
Daniela Chaves Resende	dcresende@ig.com.br
Gabriela Murta dos Santos	
Rafael Braga da Silva	rafaelentomologia@yahoo.com.br
Fabíola Alves Santos	faby_minduri@yahoo.com.br
Natália Alves Barbosa	nataliaalvesb@yahoo.com.br
Karine Silva de Carvalho	

2. Estado da arte - Exigências da CTNBio para análises em organismos não-alvo

A CTNBio, na Resolução Normativa 5, que trata das “normas para liberação comercial de Organismos Geneticamente Modificados e seus derivados”, em seu anexo IV - Avaliação de Risco ao Meio Ambiente, solicita para os organismos utilizados em controle biológico, as seguintes informações:

1. a espécie alvo do controle biológico e os efeitos diretos do OGM sobre ela comparados aos efeitos sobre o organismo parental;
2. o espectro de organismos suscetíveis ao OGM e a susceptibilidade de organismos não-alvo ao OGM, descrevendo os critérios empregados na escolha dos organismos avaliados;
3. os modos de ocorrência de dispersão do OGM de um indivíduo para outro e fatores que afetam esta dispersão;
4. os efeitos secundários que podem ocorrer nos predadores, presas, competidores e parasitas da espécie alvo;
5. os metabólitos produzidos pelo OGM que podem causar efeitos deletérios diretos ou indiretos a outras espécies através da concentração na cadeia alimentar;
6. os efeitos resultantes da transferência horizontal para outro organismo, caso ocorra;
7. as possíveis modificações genéticas que podem ocorrer em populações do organismo alvo como resultado do emprego do OGM.”

Em resumo, são solicitadas que as avaliações sejam realizadas em organismos não-alvo da tecnologia sem apontar quantas e quais espécies devem ser utilizadas, já que a avaliação é caso a caso. Porém, a RN5 solicita que sejam apresentadas explicações para a escolha das espécies testadas (COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA, 2008).

Hoje temos no Brasil seis eventos em milho transgênico resistentes a pragas (expressando toxinas do *Bacillus thuringiensis*) disponíveis comercialmente, sendo que cinco desses encontravam-se disponíveis para plantio e comercialização na safra 2011/2012 e 2012. As avaliações de impacto ambiental apresentadas pelas empresas à CTNBio, com relação a esses eventos foram realizadas em dois momentos: bioensaios de toxicidade conduzidos em laboratório e avaliações em campo

com as plantas GM. Os bioensaios de toxicidade geralmente utilizaram espécies indicadoras e nas avaliações em campo comparou-se a biodiversidade total encontrada nas plantas GM com aquela encontrada nas plantas não GM.

1- Milho Mon810 - Yeldgard (Gene *cry1Ab*) - Monsanto

Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Heliotis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*.

2- Milho Bt11 (Gene *cry1Ab*) - Syngenta

Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Heliotis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*.

3- Milho Herculex - TC1507 (Genes *cry1F*) - Dow/Pioneer e Dupont

Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Heliotis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*

4- Milho MIR 162 (Gene *Vip3A*) – Syngenta

Alvos: *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda*, *Agrotis ipsilon*, *Ostrinia nubilalis* e *Striacosta albicosta*

5- Milho Mon89034 - (Gene *cry1A.105* e *cry2Ab2*) - Monsanto

Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Heliotis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*

6- Milho Mon88017 - (Gene *cry3Bb1A*) - Monsanto

Alvo: Larvas de *Diabrotica sp.*

3. Tópicos abordados na discussão

Foram três os momentos importantes de discussão:

- 1) Em que nível avaliar: biodiversidade total ou grupos funcionais?
- 2) Espécies indicadoras ou espécies associadas aos ambientes agrícolas onde as plantas GM serão liberadas (culturas e entorno)? Como selecionar as espécies? É importante termos critérios científicos para proceder a seleção de espécies. Quais critérios? Podemos ter critérios básicos para o milho aplicáveis a diferentes transgenes?
- 3) Como avaliar os possíveis efeitos da plantas GM sobre os organismos não-alvo: experimentos de laboratório e campo.

4. Principais resultados

Os principais resultados da discussão foram:

Focarmos em funções do ecossistema (serviços ambientais) e não em biodiversidade total: predação, parasitismo, polinização, decompositores. Importante não focarmos somente nos organismos benéficos para a lavoura alvo, mas incluir os organismos associados à lavoura que poderiam ser afetados pela planta GM.

Em países megadiversos, como o Brasil, é impossível conhecer a totalidade das comunidades de artrópodes associados às principais culturas e as funções (o papel) desses organismos nos agroecossistemas. No entanto, é importante ter a dimensão desses grupos e saber que essas comunidades vão ser influenciadas pelas paisagens do entorno das lavouras e da região onde o milho está sendo cultivado.

É preciso ter critérios para selecionar as espécies dentro de cada grupo funcional: levar em conta possíveis diferenças regionais, rotas de exposição e possíveis efeitos em cadeia, levar em conta também as possíveis interações tróficas dentro dessas comunidades (proposta da Colômbia no Projeto Lac-Biosafety).

5. Possíveis organismos para avaliações

As seguintes espécies foram apontadas como possíveis organismos para as avaliações do milho GM com base nas experiências de amostragens em Minas Gerais, São Paulo e Paraná:

1) Espécies predadoras: *Doru luteipes* – Dermaptera: Forficulidae (exposição direta via alimentação na planta e exposição indireta via alimentação na presa), Neuroptera: Hemerobiidae (muito comum nas áreas de milho), *Crysopherla* sp., *Orius* spp. – Hemiptera: Pentatomidae, *Calosoma* sp. – Coleoptera: Carabidae, Diptera: Syrphidae e Diptera: Dolichopodidae (muito comum nas áreas de milho).

2) Espécies parasitoides: *Chelonus insularis* (ovo/larva) – Hymenoptera: Braconidae, *Campoletis flavicincta* (larva) – Hymenoptera: Ichneumonidae, *Trichogramma* spp. (ovos) – Hymenoptera: Trichogrammatidae, *Eiphosoma laphygmae* (larva) – Hymenoptera: Ichneumonidae. Necessidade de amostragens em outras regiões para confirmação da abundância e distribuição geográfica das espécies.

3) Espécies polinizadoras: *Apis mellifera* – Hymenoptera: Apidae e espécies nativas (*Augochloropsis* spp., verificar lista do projeto Embrapa com Fernando Valicente e o Mário, pós-doc do projeto).

4) Espécies decompositoras: *Carphophilus* spp. (Coleoptera: Nitidulidae), *Canthon* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) e *Dyscinetus* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae).

6. Avaliações de laboratório e campo

Os principais pontos que foram levantados durante a discussão para os experimentos/avaliações realizados em laboratório e em campo foram: Avaliar os possíveis efeitos em todo o ciclo de vida do inseto alvo. Nos ensaios de laboratório, avaliar possíveis efeitos subletais e não somente toxicidade aguda (sobrevivência). Esses efeitos subletais poderão afetar as populações dos organismos quando essas plantas estiverem em campo.

c) Ter cuidado com resultados de bioensaios realizados com colônias mantidas principalmente a longo prazo em laboratório (tamanho das colônias, dietas artificiais), em função da baixa variabilidade genética. Ter cuidado com extrapolações de resultados de ensaios em laboratório para os possíveis efeitos em campo.

Em campo é mais importante trabalharmos com espécies selecionadas dentro de alguns grupos funcionais do que com medidas da biodiversidade total. Normalmente tem-se comparado comunidades de artrópodes em culturas GM versus culturas não GM, usando índices de diversidade e similaridade.

7. Considerações Finais

As sugestões do grupo foram baseadas principalmente em experiências pontuais e individuais de alguns participantes e por isso a lista de espécies foi proposta com base em dados coletados em Minas Gerais, São Paulo e Paraná. É necessário que informações de outras regiões de produção de milho sejam usadas nas análises para escolha das espécies não-alvo para as análises de risco do milho GM.

Muitas ainda são as lacunas do conhecimento quando se trata de avaliações sobre organismos não-alvo, sendo necessário incentivo e formação de grupos de pesquisa que auxiliem neste processo.

Referência

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. **Resolução Normativa N° 5 de 12 de março de 2008**. Dispõe sobre normas para liberação comercial de Organismos Geneticamente Modificados e seus derivados. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/11444.html>>. Acesso em : 21 mar. 2012.

“Grupo: Organismos Não-alvo – Artrópodes pragas”

Nome dos participantes	E-mail
Marcos Antônio Matiello Fadini	fadini@ufsj.edu.br
Adeney de Freitas Bueno	adeney@cnpso.embrapa.br
Camila Santos	camila.santos@syngenta.com
Antonio Cesar dos Santos	acsantos1@dow.com
Paulo Afonso Viana	pviaana@cnpms.embrapa.br
Dimas A. D. B. Cardoso	almeidacardoso@terra.com.br
Ana Paula S. Afonso (coord.)	ana.afonso@cpact.embrapa.br
Edison R. Sujji (relator)	sujji@cenargen.embrapa.br

Roteiro para discussão

- Importância de artrópodes pragas não-alvo para a cultura do milho
- Principais espécies presentes no milho em diferentes grandes regiões produtoras
- Rotas de exposição, efeitos em cadeia e hipóteses de risco

d) Métodos de Avaliação (experimentos e análise)

Os seguintes eventos de milho Bt aprovados comercialmente no Brasil, assim como as variedades resultantes de cruzamentos entre esses eventos, foram considerados nas análises, sendo as espécies alvo listadas nos extratos dos pareceres da CTNBio.

- Milho Mon810 - Yieldgard (Gene *cry1Ab*) - Monsanto

- Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*

- Milho Bt11 (Gene *cry1Ab*) - Syngenta

- Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Heliotis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*

- Milho Herculex e TC1507 (Genes *cry1F*) - Dow/Pioneer e Dupont

- Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Heliotis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*

- Milho MIR 162 (Gene *Vip3A*) – Syngenta

- Alvos: *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda*, *Agrotis ipsilon*, *Ostrinia nubialis* e *Striacosta albicosta*

- Milho Mon89034 - (Gene *cry1A.105* e *cry2Ab2*) - Monsanto

- Alvos: *Spodoptera frugiperda*, *Heliotis virescens*, *Helicoverpa zea*, *Diatraea saccharalis*

- Milho Mon88017 - (Gene *cry3Bb1A*) - Monsanto

- Alvos: Larvas de *Diabrotica* sp.

Foram identificados pelo grupo de discussão 22 artrópodes praga representados por espécies únicas ou grupos e complexos de espécies cuja nomenclatura comum e o nome científico estão listados abaixo.

Cupim (*Procornitermes* sp., *Cornitermes* sp., *Syntermes* sp. e *Heterotermes* sp.)

Coró ou Pão-de-Galinha (*Diloboderus abderus*, *Euetheola humilis*, *Dyscinetus dubius*, etc.)

Larva-alfinete (*Diabrotica* spp.)

Larva-aramé (*Conoderus* spp., *Melanotus* spp.)

Larva-angorá (*Astylus variegatus*)

Lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*)

Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*)

Cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*)

Tripes (*Frankliniella williamsi*)

Pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*)

Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*)

Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)

Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*)

Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*)

Curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*)

Spodoptera eridania e *S. cosmioides*

Pseudaletia sp.

Percevejo castanho (*Scaptocoris castanea* e *Atarsocoris brachiariae*)

Percevejos da parte aérea (Pentatomidae, Coreidae, etc.)

Ácaros e microácaros (*Tetranychus* sp., *Catarhinus tricholaenae*, *Aceria zeala*)

Cochonilha das raízes

Mosca das espigas

Tabela 1. Avaliação da importância de artrópodes pragas não-alvo na cultura do milho após a liberação comercial de eventos de milho Bt no Brasil e sua adoção em larga escala.

Praga	Status	Regiões-Segmento	Potencial dano	Prioridade para avaliação de impacto
L. alfinete	Alvo Mon 88017	Sul, Campos altos, Sistemas irrigado (ex. pivô)	Alto (região Sul) Médio (outras regiões)	*avaliação de adultos em monitoramento pós-liberação
L. arame	Não-alvo	Todas	Baixo	Não prioritário
Cupim	Não-alvo	ILPF e Plantio direto – relacionado ao manejo do solo	Alto	Não prioritário
Coró	Não-alvo	Cerrados	Alto	Não prioritário
Larva Angorá	Não-alvo		Baixo	Não prioritário
Lagarta-elasma	Não-alvo Susceptível a Cry	Esporádico em áreas novas	Médio	Controlado pela tecnologia – monitoramento devido à resistência cruzada soja Cry1Ac
Tripes	Não-alvo		Alto em condições meteorológicas favoráveis	*avaliação em monitoramento pós-liberação
Pulgão-do-milho	Não-alvo		Alto em condições meteorológicas favoráveis	*avaliação em monitoramento pós-liberação
Lagarta-rosca	Alvo VIP3Aa	Esporádica, pequena escala	Baixo	Não prioritário
Lagarta-do-cartucho	Alvo			Não prioritário

Praga	Status	Regiões-Segmento	Potencial dano	Prioridade para avaliação de impacto
Broca-da-cana	Alvo			Não prioritário
Lagarta-da-espiga	Alvo			Não prioritário
Curuquerê-dos-capinzais	Não-alvo	Esporádica		Não prioritário
Percevejos	Não-alvo	Associado a cultura da soja no entorno	Alto na 2ª safra devido migração proveniente da soja	*avaliação em monitoramento pós-liberação
Cigarrinha-do-milho	Não-alvo	Safrinha	Alto	*avaliação em monitoramento pós-liberação
Cigarrinha-das-pastagens	Não-alvo	Todas exceto região Sul	Esporádico	Não prioritário
Ácaros e microácaros	Não-alvo	Reg baixa altitude e transição	Aumento do uso de inseticidas (neonicotenóides e piretróides)	*avaliação em monitoramento pós-liberação
Percevejo castanho	Não-alvo			Não prioritário
Cochonilha das raízes	Não-alvo			Não prioritário
		Esporádica		
Mosca da espiga	Não-alvo	Área Irrigada milho verde (importante)	Alto	Não prioritário
Minador de folhas	Não-alvo			Não prioritário
Spodoptera eridania e S. cosmíoides	Não-alvo	Todas as regiões – estão se tornando mais frequentes	Alto	*avaliação pré-liberação comercial

Praga	Status	Regiões-Segmento	Potencial dano	Prioridade para avaliação de impacto
<i>Pseudaletia</i> sp.	Não-alvo	Todas as regiões – é rara, mas ocorre em altas densidades	Alto	*avaliação em monitoramento pós-liberação devido a aparente não susceptibilidade aos eventos liberados

O grupo identificou, com base na avaliação da importância de artrópodes praga em plantios de milho Bt (Tabela 1), que pragas com hábito alimentar sugador e raspador como cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*), percevejos da parte aérea (Pentatomidae, Coreidae, etc.), tripes (*Frankliniella williamsi*), além de ácaros e microácaros não são alvo da tecnologia e podem alcançar densidades elevadas e produzir danos severos quando favorecidos por condições meteorológicas de baixa umidade, uso inadequado de inseticidas não seletivos, como neonicotinóides e piretróides, no caso de ácaros, e migração de culturas adjacentes, como a soja, no caso de percevejos pentatomídeos. Portanto, devem ser monitorados pós-liberação comercial dos eventos visando avaliar a necessidade de estratégias especiais de manejo da cultura do milho e outras culturas adjacentes. Outra espécie que recebeu a recomendação de avaliação durante o monitoramento pós-liberação comercial foi *Pseudaletia* sp., devido ao elevado potencial de dano quando da ocorrência dessa espécie.

A larva-alfinete (*Diabrotica* spp.) é alvo do evento Mon 88017 e das variedades que receberam esse evento como parental. No entanto, devido à importância dessa praga na região Sul e em Campos Altos com sistemas irrigados, também recebeu a recomendação de avaliação durante o monitoramento pós-liberação comercial.

A lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) apresenta susceptibilidade aos eventos Cry liberados. No entanto, devido a sua possível resistência cruzada ao evento de soja que expressa Cry1Ac, merece atenção.

Outras espécies do complexo *Spodoptera* spp., como *S. eridania* e *S. cosmioides*, receberam a recomendação para que fosse feita uma avaliação de impacto pré-liberação comercial de novos eventos de milho Bt devido a ocorrência frequente em todas as regiões produtoras de milho e seu alto potencial de dano.

A liberação comercial de milho Bt, e sua adoção em larga escala, vem produzindo mudanças na comunidade de insetos presentes na cultura com mudança nas abundâncias de várias espécies praga. Essas mudanças exigem que os programas de manejo de pragas dessa cultura sejam reformulados incorporando novas estratégias e produtos até que as comunidades de insetos se estabilizem após a reestruturação. Nesse contexto, o conhecimento básico das interações interespecíficas para o controle biológico e o registro e a extensão de uso de produtos químicos para as novas pragas são ferramentas importantes a serem desenvolvidas nesse processo de transição.

Agradecimentos

Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Meio Ambiente e Embrapa Recursos Genéticos, aos palestrantes e participantes do evento e ao Global Environment Facility (GEF), através do projeto LAC Biosafety - Latin American & Caribbean Biosafety – Construção de Capacidade Multipaíses para Atendimento ao Protocolo de Cartagena em Biossegurança, que financiou o acontecimento do evento.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

