

Coleção ♦ 500 Perguntas ♦ 500 Respostas

MILHO



O produtor pergunta, a Embrapa responde

Embrapa

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



O produtor pergunta, a Embrapa responde

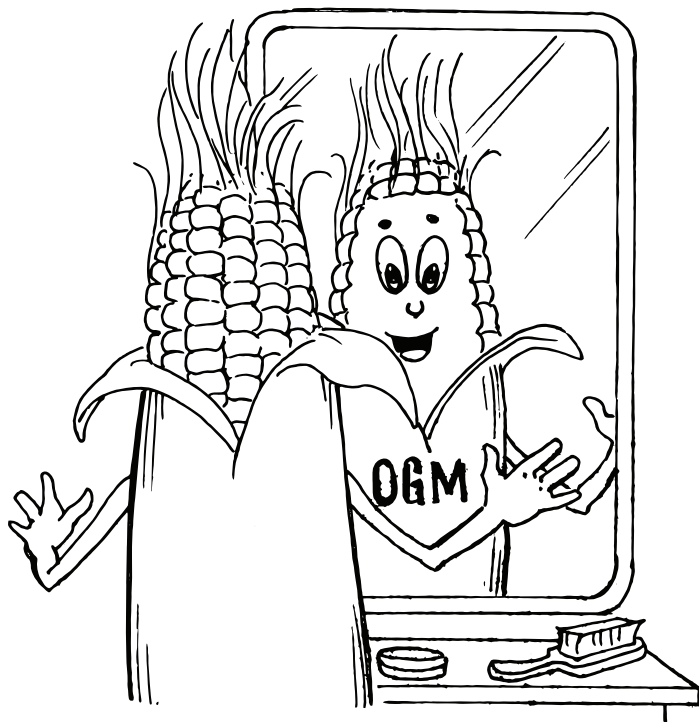
*José Carlos Cruz
Paulo César Magalhães
Israel Alexandre Pereira Filho
José Aloísio Alves Moreira*

Editores Técnicos

Embrapa Informação Tecnológica
Brasília, DF
2011

13

Manejo de Milho Transgênico



*José Magid Waeuil
Simone Martins Mendes
Maria José Vasconcelos
Edílson Paiva
Claudia Teixeira Guimarães*

286

O que são organismos geneticamente modificados (OGM) ou transgênicos?

São aqueles que possuem em seu genoma (conjunto de toda a informação genética de um organismo) um ou mais genes provenientes de outra espécie ou da mesma, desde que tenham sido modificados e/ou inseridos por meio de técnicas da engenharia genética. Todos os organismos vivos são constituídos por conjuntos de genes, que determinam suas características e definem as espécies. No entanto, por meio da biotecnologia, plantas, animais ou microrganismos podem ter sua composição genética modificada em laboratório, rompendo a barreira natural do cruzamento sexual que separa (isola) as espécies.

Exceto para a característica expressa pelo(s) gene(s) modificado(s) ou introduzido(s), não há diferenças entre as plantas geneticamente modificadas e as convencionais.

287

Quais as culturas em que os OGMs estão sendo utilizados?

Atualmente, a transformação de plantas está sendo utilizada em diferentes áreas para desenvolver cultivares com características específicas, como por exemplo resistência ao ataque de insetos-praga e tolerância a diferentes herbicidas. As espécies contempladas têm sido soja, milho, canola, batata e algodão, que são cultivadas em escala comercial.

288

O que é milho transgênico com o gene do *Bt*, ou milho *Bt*?

É o milho geneticamente modificado, no qual foram introduzidos genes específicos da bactéria de solo, *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), que promovem na planta a produção de uma proteína tóxica específica para determinados grupos de insetos. Assim, o milho *Bt* é uma cultivar de milho resistente a determinadas espécies de insetos sensíveis a essa toxina.

289 O milho *Bt* controla todas as pragas da lavoura de milho?

Não. As toxinas produzidas pelo *Bt* são específicas para determinados grupos de insetos. No caso do milho *Bt* disponível hoje no mercado brasileiro, a proteína expressa a ação inseticida apenas contra os insetos da ordem lepidóptera, como, por exemplo, a lagarta-do-cartucho-do-milho, a broca-do-colmo, a lagarta-da-espiga e a lagarta-elasma. Já existe em outros países outra toxina *Bt* com ação específica a *Diabrotica* spp., por exemplo.

290 Como a toxina do *Bt* age no controle de lagartas?

A bactéria *Bacillus thuringiensis* possui em seu genoma uma classe de genes chamados *cry*, que produz na sua célula proteínas que são tóxicas para grupos específicos de insetos. Essa especificidade está relacionada com a atividade das toxinas entre os receptores no intestino médio do inseto. Na membrana das células epiteliais do intestino, a interação toxina-receptor leva à formação de poros na membrana celular, o que altera o balanço osmótico das células epiteliais, que incham e sofrem rupturas, levando o inseto à morte por dificuldade de alimentação e infecção generalizada (septicemia). Entretanto, logo após a ingestão da toxina pela lagarta, ocorre a inibição da ingestão dos alimentos, levando à morte do inseto.



291 Quais genes oriundos do *Bt* estão incorporados no milho?

Várias novidades estão surgindo a cada ano. Especificamente, para resistência a pragas na cultura do milho, há mais de uma dezena

de eventos, mas entre os que estão sendo comercializados, destacam-se os eventos que expressam as toxinas Cry 1A(b) e Cry 1F, com atividade sobre os lepidópteros, e o *Cry3Bb1*, para o controle de coleópteros (larvas de *Diabrotica* spp.). Mais recentemente, foi liberado o evento contendo os genes de interesse (Cry1A.105 e Cry2Ab2), que representa uma segunda geração de milho transgênico resistente a insetos, pois produz simultaneamente duas proteínas derivadas do *Bacillus thuringiensis*, ativas contra lagartas-praga.

292

Quantos eventos de milho *Bt* estão registrados no Brasil e quais suas pragas-alvo?

No Brasil, estão liberados para comercialização na safra 2009–2010, dois eventos expressando a toxina do Cry 1A(b) e um evento expressando a toxina Cry 1F. Essas duas toxinas têm atividade sobre os lepidópteros. No registro das empresas, as pragas-alvo incluem três espécies:

- Lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith).
- Lagarta-da-espiga-do-milho, *Helicoverpa zea* (Boddie).
- Broca-da-cana-de-acúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius).

Entretanto, há dados na literatura indicando também a atividade dessas toxinas sobre a lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller). Indicações oriundas de usuários de campo relatam a atividade das toxinas cryt também contra a lagarta-militar, *Mocis latipes* (Guenée). Portanto, os eventos hoje disponíveis no Brasil dão proteção contra as principais espécies de lepidópteros-praga do milho. Além desses eventos, já foi aprovado pela CTNBio o evento MON89034, que expressa as toxinas (Cry1A.105 e Cry2Ab2). Ativo também contra lepidópteros-praga.

293

Existem diferenças entre as toxinas do *Bt* quanto à eficiência sobre as diferentes lagartas ou pragas?

Sim. As toxinas do *Bt* apresentam alta especificidade, e, dentro do mesmo grupo de insetos, a atividade de cada toxina é diferenciada. Estudos toxicológicos revelam diferenças significativas no que se refere às espécies. Portanto, a estratégia de piramidação de genes *cry*, expressando diferentes toxinas na mesma cultivar, vai contribuir para o manejo da resistência, e também para aumentar a eficiência no controle de diferentes espécies de insetos-praga.

294

Deve-se esperar a mesma eficácia de uma toxina *cry* oriunda do *Bt* expressa em diferentes híbridos de milho?

Para a toxina *Cry* 1A(b), existem dados na literatura registrando resposta diferenciada no controle da lagarta do cartucho dependente do híbrido de milho *Bt*. Entretanto, ainda não está esclarecido como essas interações acontecem. Portanto, dependendo do híbrido de milho *Bt* utilizado pelo produtor, podem-se obter níveis de controle diferentes.

295

As toxinas *cry* dos *Bt* são seletivas a inimigos naturais e a outros insetos, como abelhas?

Sim. As toxinas *cry* do *Bt* são altamente específicas, resultando em alta seletividade na sua atividade, agindo apenas nas espécies-alvo. Assim, afeta menos a comunidade dos insetos que utilizam o milho como hospedeiro, quando comparado com a utilização de inseticidas. Essa seletividade inclui também a comunidade de inimigos naturais, abelhas e outros insetos, como pulgões e tripes. Dados de literatura mostram que essas proteínas, nas formulações de *B. thuringiensis* empregadas na agricultura, têm sido consideradas relativamente não tóxicas para abelhas, existindo inclusive uma formulação comercial para controle de traça-da-cera em favos de mel.

Para predadores do gênero *Orius* e outros Heteropteros e Coccinellideos, todas as pesquisas realizadas até o momento indicam ausência de efeito negativo. Uma vantagem dessa seletividade é que a densidade populacional desses insetos vai reduzir, e os sobreviventes ficarão mais expostos ao ataque dos predadores, o que poderá resultar num controle biológico mais eficiente, tanto na área de refúgio, como sobre os sobreviventes no milho *Bt*, principalmente nas áreas com maior diversidade de culturas.

296

A toxina do *Bacillus thuringiensis* pode causar algum problema para os vertebrados e seres humanos?

Não, a toxina só se torna ativa quando ingerida pelo inseto, porque precisa de condições de pH alcalino, acima de 8, para ser ativada. Essas condições são encontradas no tubo digestivo das lagartas, por exemplo. Assim, a toxina é inócua a humanos e vertebrados, pois possuem o pH intestinal ácido, onde ela é rapidamente degradada.

297

Qual a expectativa de controle de pragas com a transgenia?

Os resultados obtidos com híbridos *Bt* expressando a toxina Cry 1 A(b), no campo, na primeira safra cultivada (2008–2009) com milho *Bt*, revelaram certa variabilidade no nível de proteção das plantas contra o ataque da lagarta-do-cartucho-do-milho. Avaliações realizadas indicam que o milho *Bt* deu proteção ao milho equivalente a, pelo menos, três aplicações de inseticidas. Em média, os híbridos não *Bt*, isto é, convencionais produziram cerca de até 20% a menos do que os híbridos *Bt* equivalentes.

298

Híbridos transgênicos com genes do *Bt* podem necessitar de inseticidas? Em que condições?

No Brasil, a comparação da eficiência a campo entre os híbridos de milho *Bt*, com os eventos hoje disponíveis no mercado, ainda é restrita. A eficiência para algumas das espécies-alvo é bastante alta e pode dispensar totalmente a aplicação de defensivos. Entretanto, para a lagarta-do-cartucho-de milho, os dados indicam alguma variação na proteção oferecida às plantas. Portanto, dependendo do híbrido, da toxina produzida e da intensidade de infestação, pode ser necessário controle complementar. É importante lembrar que a toxina cry do *Bt*, para se tornar ativa, precisa ser ingerida pelo inseto. Assim, o produtor certamente vai se deparar com algum sintoma de dano nas folhas do milho, como, por exemplo, folhas raspadas.

299

Há necessidade do uso do tratamento de sementes com inseticida quando se usa o milho *Bt*?

Sim. Embora a proteína tóxica seja expressa durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, proporcionando controle dos insetos sensíveis à toxina, as cultivares transgênicas hoje comercializadas no Brasil não dispensam o tratamento de sementes, o qual continua sendo necessário para o controle de insetos sugadores e pragas subterrâneas, como, por exemplo, as larvas de várias espécies de Coleoptera, pois as toxinas cry do *Bt*, hoje utilizadas nos híbridos comerciais brasileiros, não têm atividade sobre esses grupos de insetos.

300

O nível de dano econômico e o nível de ação em uma lavoura de milho *Bt* são os mesmos de uma lavoura convencional?

A rigor, o nível de dano econômico deve ser o mesmo, pois ele é estimado com base nas perdas de produtividade provocadas

pela destruição de uma determinada área foliar. Mas o nível de ação deve ser reconsiderado e ainda não há dados suficientes para garantir resultados conclusivos. Como o nível de ação é recomendado com base na taxa de plantas infestadas, se o monitoramento for baseado na contagem de larvas muito pequenas, indicará uma ação prematura de controle, pois muitas larvas ainda morrerão em virtude da atividade das toxinas do *Bt*. Portanto, o nível de ação na lavoura de milho *Bt* deve ser determinado com base na taxa de plantas infestadas com lagartas sadias e de tamanho médio, pois a grande destruição da área foliar é provocada somente pelos últimos instares do inseto. É importante que o responsável por decidir pelo controle ou não da praga observe com cuidado as lagartas, a fim de identificar os primeiros sintomas de intoxicação pelo *Bt*, percebidos pelos movimentos mais lentos da lagarta e pela diminuição na sua capacidade de alimentação. As demais recomendações devem ser aquelas preconizadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

301

Quais os benefícios da tecnologia do milho *Bt* para o produtor?

A tecnologia para o controle de lagartas vem embutida na semente. Sendo as lagartas as pragas mais importantes na cultura do milho, essa tecnologia funciona como um seguro, podendo até dispensar as aplicações de defensivos e reduzir as perdas em virtude dos danos das lagartas durante todo o ciclo da cultura. O menor uso de inseticidas aumenta a eficiência do controle biológico, principalmente no final do ciclo da cultura, quando a aplicação de inseticidas só é possível com equipamentos especiais. Além disso, o produtor terá o controle da broca-do-colmo e da lagarta-da-espiga, hoje sem um método satisfatório de controle.

Em geral, tem-se conseguido uma redução de perda entre 16% e 20% de incremento na colheita. Além disso, a redução do uso de inseticidas diminui os riscos de intoxicação, contaminação do meio ambiente, preocupações com descarte de embalagens, economia de água e combustível, entre outros. Outro importante benefício

está ligado ao menor custo e à qualidade dos alimentos, por receberem menor quantidade de inseticidas. Já foi comprovado que o milho *Bt* é menos atacado pelos fungos, portanto, apresenta menor quantidade de micotoxinas.

302 **Quais são as desvantagens que o milho *Bt* pode oferecer ao produtor e ao consumidor?**

Primeiramente, está relacionado ao custo, pois ele está pagando antecipadamente pelo controle de pragas, que podem ou não ocorrer em determinadas épocas ou áreas. Outra desvantagem é a necessidade de obedecer às regras de coexistência, em que o descuido pode levá-lo a penalidades previstas na Legislação, podendo ser autuado pela Fiscalização Federal Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Para o produtor, é importante analisar o histórico de ocorrência e intensidade de infestação das pragas-alvo em anos anteriores, as suas alternativas de controle disponíveis, o custo da semente do milho *Bt* e, principalmente, sua meta em termos de produtividade. Para o consumidor, a desvantagem é não ter a certeza se esse produto poderá lhe causar algum mal.

303 **A tecnologia do *Bt* aumenta o potencial produtivo do milho?**

Não. A resistência apresentada pelos híbridos de milho contendo o gene *cry* do *B*, apenas protege a planta contra os danos causados pela praga-alvo, portanto, é uma característica defensiva, que preserva o potencial produtivo do respectivo híbrido, ou seja, o híbrido vai produzir o mesmo que na ausência dos danos das pragas-alvo. Assim, a produtividade esperada da lavoura com o plantio de híbridos com tecnologia *Bt* poderá ser maior do que a da versão convencional, pois essas geralmente estão sujeitas às perdas em razão dos danos causados pelas lagartas.

A utilização do milho *Bt* requer algum cuidado especial em relação às práticas de manejo?

Para a utilização do milho *Bt*, basta o produtor cumprir duas regras: a de coexistência, exigida por lei, para evitar a contaminação de lavouras vizinhas não *Bt*, e a regra do Manejo da Resistência de Inseto (MRI), recomendada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), para reduzir a chance de seleção de raças de lagartas resistentes às toxinas do *Bt*.

As regras de coexistência baseiam-se no direito de outros produtores vizinhos produzirem milho convencional livre de contaminação de milho transgênico, via polinização ou mistura de grãos em lavouras vizinhas. O plantio de milho *Bt* demanda o isolamento da lavoura de pelo menos 100 m de distância da lavoura do milho não *Bt* (convencional) ou uma distância de 20 m acrescida de uma bordadura de 10 linhas de milho convencional, de porte e ciclo vegetativo similar ao milho geneticamente modificado. Com esse isolamento, o milho colhido na área convencional é considerado livre de transgênico.

O que é e como funciona a área de refúgio?

A área de refúgio é a semeadura de 10% da área cultivada com milho *Bt*, utilizando híbridos não *Bt*, de porte e ciclo vegetativo similar, de preferência os seus isogênicos. A área de refúgio não deve estar a mais de 800 m de distância das plantas transgênicas. Essa é a distância máxima verificada pela dispersão dos adultos da lagarta-do-cartucho-do-milho no campo. A área de refúgio funciona preservando indivíduos suscetíveis à toxina para cruzar com possíveis adultos sobreviventes na área de milho *Bt*. Assim, retarda e, se bem manejada, pode evitar a evolução de uma raça pura capaz de causar dano no milho *Bt*.

Todas essas recomendações têm o intuito de sincronizar o ciclo dos insetos, para evitar o cruzamento entre dois indivíduos

sobreviventes no milho *Bt*. O refúgio estruturado deve ser desenhado de acordo com a área cultivada com o milho *Bt*. Para glebas com dimensões acima de 800 m, cultivadas com milho *Bt*, serão necessárias faixas de refúgio internas nas respectivas glebas. Ainda, segundo a recomendação da CTNBio, na área de refúgio, é permitida a utilização de outros métodos de controle, desde que não sejam utilizados bioinseticidas à base de *Bt*. Convém salientar que, na área de refúgio, é necessário que parte da população da lagarta-do-cartucho-do-milho sobreviva, de modo a não comprometer o equilíbrio natural, não se justificando, portanto, o uso exagerado de inseticidas nessa área.

306 De quem é a responsabilidade de execução da área de refúgio?

Nas embalagens das sementes de milho *Bt*, há um contrato em que o produtor, ao abri-las, assume a responsabilidade de seguir as normas de coexistência e as de manejo da resistência. O fabricante coloca também à disposição do produtor um guia de produtos e práticas que orientará detalhadamente o manejo da cultura, de modo a atender a legislação e recomendações da CTNBio.



Portanto, cabe ao produtor a responsabilidade do uso dessas regras. Se o produtor está interessado em pagar mais pela semente do milho transgênico, é porque ele acredita nos benefícios que essa tecnologia está trazendo para o seu sistema de produção. Assim, ele deve estar motivado a usar essa tecnologia de maneira responsável (utilizando a área de refúgio), visando apropriar-se desse benefício por muito mais tempo.

Qual o risco para o produtor de não se adotar a estratégia de refúgio?

O principal risco do não uso da área de refúgio está na rápida seleção de biótipos das pragas-alvo resistentes às toxinas do *Bt*. Resultados de pesquisas recentes indicam que a dispersão da lagarta-do-cartucho-do-milho é bem menor do que se tinha informação, no máximo 800 m. Assim, o produtor que não utilizar a prática do manejo da resistência será, sem dúvida, a primeira vítima da quebra da resistência, não obtendo controle das pragas-alvo com os híbridos de milho *Bt*.

Considerando-se que as principais pragas-alvo controladas pelos milhos *Bt*, hoje disponíveis no mercado, são polípagas (alimentam-se de vários grupos de plantas) e produzem vários ciclos por ano agrícola, pode-se imaginar que nas regiões tropicais existem refúgios naturais suficientes para reduzir a seleção de biótipos de insetos resistentes. No entanto, mesmo uma espécie de inseto polífaga como, por exemplo, a lagarta-do-cartucho-do-milho, em uma área suficientemente grande cultivada com uma única cultura, fica submetida a uma situação de monofagia, por não ter outra fonte de alimento ao seu alcance (monofagia funcional). Portanto, a utilização da área de refúgio é essencial para garantir a manutenção da funcionalidade e durabilidade da tecnologia *Bt*.

O risco de resistência de lagartas ao milho *Bt* é maior do que a resistência a inseticidas convencionais?

Em princípio, os riscos da seleção de tipos resistentes, tanto aos inseticidas, como às toxinas do *Bt*, dependem de vários fatores. Além disso, a avaliação do risco depende de muitas variáveis, tais como: do ambiente, do inseto e do evento do *Bt* expresso na planta, ou do inseticida. Algumas dessas variáveis só podem ser estimadas após a identificação do fenótipo resistente como, por exemplo, a frequência inicial do gene de resistência. Portanto, essa comparação só poderá ser feita a "posteriori", comparando casos específicos.

309**A bordadura de isolamento usada para coexistência pode também funcionar como área de refúgio?**

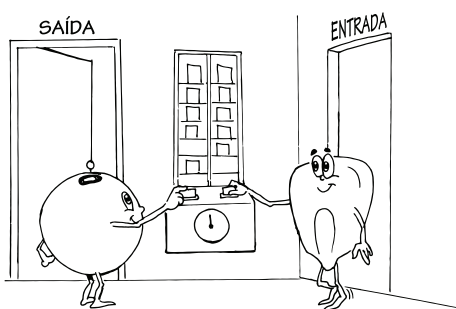
Sim, desde que não sejam usados, nessa bordadura, bioinseticidas à base de *Bt*. Entretanto, deve-se observar que, se a bordadura totalizar menos de 10% da área cultivada com milho *Bt*, áreas de refúgio adicionais serão necessárias para atender a demanda de 10% de área de refúgio com milho não *Bt*.

310**Os eventos transgênicos liberados no Brasil são apenas para resistência a inseto?**

Não. Além dos eventos para resistência a insetos, já foram liberados eventos para tolerância a herbicida, como é o caso do Milho Libertlink, resistente ao glufosinato de amônia, e o Milho RR, tolerante ao glyphosate. Embora 15 cultivares transgênicas que conferem tolerância às aplicações pós-emergentes a esses herbicidas tenham sido registradas no Zoneamento Agrícola de Risco Climático, para a safra 2009–2010, elas não foram comercializadas no Brasil, por falta de registro de herbicida que contenha esses ingredientes ativos em marcas comerciais registradas para a aplicação em pós-emergência do milho. Outros milhos para plantio comercial contendo dois eventos, como resistência a inseto e tolerância a herbicida, já foram aprovados pela CTNBio, e são chamados de eventos estaqueados. Para esses milhos, as regras de coexistência são as mesmas para todos os demais tipos de milhos transgênicos.

311**É possível fazer rotação ou sucessão de culturas (safrinha) da soja RR e milho RR?**

Sim. É possível, mas alguns cuidados adicionais devem ser tomados, pois essa prática aumentará a probabilidade de seleção de plantas daninhas resistentes ao glifosato. O manejo de resistência de plantas daninhas é fundamental nessa situação, principalmente



considerando que já foram identificadas plantas daninhas resistentes ao glifosato em vários países, inclusive no Brasil, com a comprovação da resistência de *Conyza bonarienses* e *Lolium multiflorum*. Dessa forma, mesmo optando pelo cultivo de milho e/ou soja Roundup Ready,

recomenda-se que sejam utilizados também herbicidas de modo de ação diferentes, no controle de plantas daninhas, para evitar o aparecimento de espécies resistentes.

312

Quais cuidados devem ser adotados no manejo de plantas voluntárias em sistemas de rotação ou sucessão de culturas (safrinha) da soja RR e milho RR?

Para os produtores que já plantam a soja Roundup Ready®, o manejo de plantas voluntárias de milho Roundup Ready 2® na cultura da soja, assim como o manejo de plantas voluntárias de soja Roundup Ready® em lavouras de milho safrinha, deverá ser feito de modo diferente, uma vez que essas plantas também poderão ter características de tolerância ao herbicida. Nesse caso, o sistema plantio direto pode ajudar, uma vez que o acúmulo de palhada na superfície do solo pode reduzir a germinação de grãos de milho ou de soja que caem no solo durante a colheita. Além disso, a colheita do milho e da soja, no momento ideal, diminui a quantidade de espigas e grãos caídos no solo. Para o controle dessas plantas de milho, deverão ser utilizados herbicidas, seletivos para a cultura da soja, que contenham outro princípio ativo que não o glifosato e que possuam atividade no controle de gramíneas. Para o controle dessas plantas de soja, deverão ser utilizados herbicidas, seletivos para a cultura do milho, que contenham outro princípio ativo que não o glifosato e que possuam atividade no controle de folhas largas.