

Tecnologia

Estratégias de manejo podem prolongar vida útil das tecnologias de milho Bt

Celso Omoto e Oderlei Bernardi *



Planta de milho sem a tecnologia Bt (marcada com estaca) ao lado de plantas de milho com a tecnologia Bt

O controle dos insetos-praga na cultura do milho, especialmente dos lepidópteros, tem sido realizado com uso de tecnologias de milho que expressam proteína inseticida de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt). No Brasil, o milho Bt tem sido cultivado em mais de 80% da atual área de plantio (Céleres, 2014). As principais pragas-alvo do controle do milho Bt são a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a broca-do-colmo, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae) e a lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). Com o aumento do uso das tecnologias de

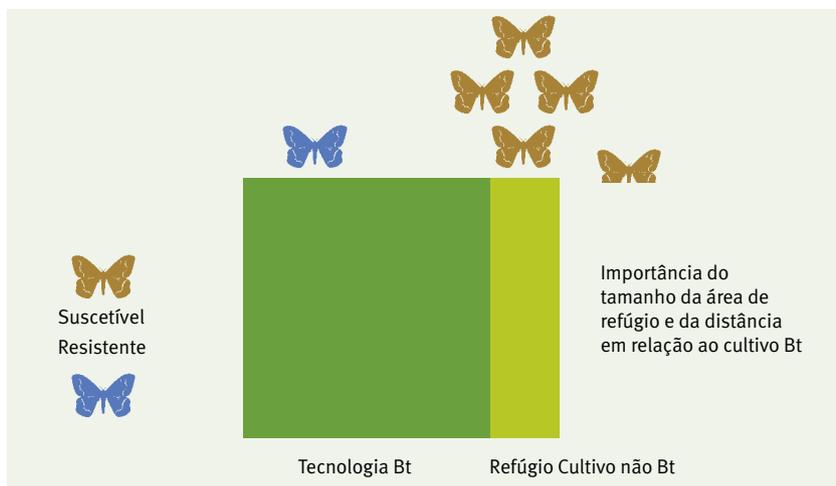
milho Bt, também cresceu a preocupação com a evolução da resistência.

Dentre as pragas-alvo do milho Bt, *S. frugiperda* é a que apresenta maior potencial para evolução de resistência, pois possui grande capacidade reprodutiva, gerações contínuas e sobrepostas no decorrer do ano e disponibilidade constante de hospedeiros cultivados que favorecem a manutenção de altas populações, propiciando a ocorrência de severas infestações em qualquer estágio fenológico e época de cultivo. Soma-se a isso o cultivo de milho ocorrer em duas safras anuais e o fato de haver baixa adoção de áreas de refúgio e de outras táticas de controle,

o que torna o cenário ainda mais favorável à evolução da resistência. Em conjunto, estes fatores aumentam a probabilidade de seleção de indivíduos resistentes que, em curto prazo, podem comprometer a eficácia das tecnologias de milho Bt.

Neste cenário agrícola, houve quebra da resistência à proteína CryIF expressa em milho Herculex para *S. frugiperda* em menos de quatro anos de uso dessa tecnologia no Brasil (Farias et al., 2014). O uso de estratégias de manejo de resistência é um aspecto-chave para reduzir a pressão de seleção em favor dos indivíduos resistentes e prolongar a vida útil de todas as tecnologias de milho Bt no Brasil.

FIGURA 1 | ÁREAS DE REFÚGIO



Adaptado de Plante Refúgio. Disponível em: <http://www.boaspraticasogm.com.br/upload/file/2010/Folder%20Refugiok_Final_EMAIL.pdf>. Acesso em: 14 set. 2015.

TECNOLOGIA E RESISTÊNCIA

No Brasil, a primeira tecnologia de milho Bt foi aprovada, em 2007, pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), para cultivo comercial. A partir de então, diversas outras tecnologias de milho, expressando uma ou mais proteínas inseticidas de Bt, foram liberadas, para cultivo comercial (Tabela I), expressando as proteínas CryIAb, CryIF, CryIA.105, Cry2Ab2 e Vip3Aa20, que têm como pragas-alvo de controle larvas neonatas (recém-eclodidas) de *S. frugiperda*, *D. saccharalis* e *H. zea*.

A evolução da resistência consiste na seleção de indivíduos resistentes e no aumento da frequência desses indivíduos na população da praga, limitando a eficiência das tecnologias no manejo das pragas. No caso específico do milho Bt, as lagartas resistentes podem sobreviver no campo e transmitir a resistência para gerações futuras. Entretanto, o risco de aumento da resistência pode ser minimizado com a adoção de medidas apropriadas. A melhor maneira de preservar o benefício da tecnologia de milho Bt é o uso do refúgio como ferramenta do manejo de resistência de insetos, um conjunto de medidas que devem ser adotadas com o objetivo de reduzir o risco de evolução da resistência nas populações de pragas-alvo.

ALTA DOSE E REFÚGIO

A expressão de alta dose da proteína Bt tem como premissa garantir que a concentração de uma determinada proteína expressa na planta geneticamente modificada possibilite a mortalidade dos descendentes resultantes do cruzamento dos indivíduos resistentes, provenientes da área de milho Bt, com indivíduos suscetíveis, provenientes da área de refúgio. Nesse contexto, a área de refúgio consiste no plantio de uma variedade sem a tecnologia Bt, de ciclo vegetativo similar ao da área cultivada com plantas Bt; ou seja, é a área onde a praga não é exposta à pressão de seleção da proteína inseticida presente no campo Bt, na qual pode sobreviver e acasalar com os indivíduos sobreviventes da área de cultivo Bt (Andow, 2008). Em outras palavras, o refúgio deve produzir indivíduos suscetíveis. Espera-se que estes indivíduos suscetíveis se acasalem com qualquer indivíduo resistente que possa ter sobrevivido na área de cultivo Bt e, desse modo, mantenha a suscetibilidade ao Bt nas gerações futuras das pragas alvo (Tabashnik, 2008).

Para que seja possível o acasalamento de indivíduos resistentes com suscetíveis, a área de refúgio deve ser implementada conforme recomendações específicas (a seguir). Em outras palavras, na ausência

de áreas de refúgio, esta estratégia perde a eficiência em evitar ou retardar a resistência. Caso o milho Bt não atenda a alta dose, ela pode permitir a sobrevivência de indivíduos heterozigotos e, portanto, favorecer a evolução da resistência (Figura 1).

RECOMENDAÇÕES PARA PLANTIO DA ÁREA DE REFÚGIO

- O tamanho do refúgio deve equivaler a uma porcentagem de pelo menos 10% da área total do produto comercial de milho Bt plantado em uma propriedade rural.
- Recomenda-se que o refúgio seja plantado ao mesmo tempo e com híbrido de ciclo vegetativo similar ao milho Bt.
- O refúgio deve ser formado por um bloco de milho não Bt. A distância máxima entre qualquer planta de milho Bt do campo e uma planta da área de refúgio deve ser de 800 metros.
- O refúgio deve ser plantado na mesma propriedade de cultivo do milho Bt e manejado pelo mesmo agricultor.
- Caso a população de pragas-alvo atinja o nível de ação na área de refúgio, o controle poderá ser realizado com pulverização de inseticidas que não sejam formulados à base de Bt.
- Não deve ser realizada a mistura de sementes de milho não Bt com milho Bt.

PIRAMIDAÇÃO DE GENES

A segunda estratégia de manejo da resistência de insetos em milho é a piramidação de genes (expressão de duas ou mais proteínas de Bt na mesma planta). O princípio básico da piramidação de genes é que cada proteína inseticida da pirâmide, isoladamente, deve ocasionar elevada mortalidade da mesma praga-alvo. Em outras palavras, cada proteína Bt deve matar todos ou a maioria dos insetos suscetíveis; ou seja, esses insetos serão mortos “duas vezes”, sendo isso denominado de controle “redundante”. Em contraste, os insetos resistentes a uma das proteínas da pirâmide serão mortos pela(s) outra(s) proteína(s) e vice-versa (Bates et al., 2005).

No entanto, várias tecnologias de milho Bt com expressão de duas ou mais proteínas inseticidas não atendem aos requisitos básicos da pirâmide de genes, tais como ocasionar, isoladamente, elevada mortalidade da praga-alvo e ausência de resistência cruzada entre as proteínas. A atividade da proteína Cry1Ab, por exemplo, é moderada para *S. frugiperda*. As proteínas inseticidas Cry1Ab, Cry1F e Cry1A.105 apresentam elevado potencial de resistência cruzada (Hernández-Rodríguez et al., 2013). O ideal seria a seleção de eventos Bt expressando proteínas de grupos distintos (Cry1, Cry2 ou Vip3A) para diminuir as chances de resistência cruzada entre as proteínas (Tabela 1). De modo semelhante à estratégia de alta dose, para o milho que expressa duas ou mais proteínas Bt é igualmente importante a adoção das áreas de refúgio para evitar ou retardar o desenvolvimento da resistência em populações das pragas-alvo de controle.

Em geral, as tecnologias de milho Bt não atendem ao conceito de alta dose e de piramidação de genes para algumas pragas-alvo (por exemplo, *S. frugiperda*) de controle no Brasil. Sendo assim, a recomendação de área de refúgio deveria ser maior que 10%. Como os produtores de milho e as empresas detentoras da tecnologia não têm interesse em aumentar o tamanho das áreas de refúgio, uma forma de garantir a produção de indivíduos

suscetíveis em quantidades suficientes para retardar a evolução da resistência seria limitar o número de pulverizações para o controle de pragas-alvo na área de refúgio somente até a fase vegetativa V6 do milho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da tecnologia Bt deve ser feita como uma das ferramentas do manejo integrado de pragas (MIP). Além disso, o planejamento do sistema de produção de cultivos é de fundamental importância para a sustentabilidade da tecnologia e do agronegócio. Para tanto, há necessidade de trabalho cooperativo na implantação de recomendações, no âmbito regional, com a participação de todos os envolvidos na cadeia produtiva; ou seja, agricultores, consultores, empresas de sementes e de defensivos agrícolas, universidades e institutos de pesquisa e ensino, órgãos de regulamentação etc.

Nos últimos anos, houve avanços no manejo da resistência de insetos a plantas Bt e inseticidas no Brasil. Estes avanços estão ligados ao treinamento e formação de pesquisadores especializados em diversas instituições de pesquisa e ensino (Embrapa, USP/ESALQ, UFV e outros) e a atuação do Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas (IRAC-BR). Este Comitê é composto por representantes de várias indústrias químicas, objetivando manter as táticas de controle

viáveis, por meio de um programa de parceria com instituições de pesquisas, extensionistas e produtores, para o uso sustentável de inseticidas e plantas Bt. Recentemente, foi instituído o Grupo Técnico de Manejo da Resistência (GTMR) no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), pela Portaria nº 950, de 24 de setembro de 2014, para estabelecer diretrizes visando à preservação de tecnologias Bt no Brasil. 

* **Celso Omoto** é professor associado do Departamento de Entomologia e Acarologia USP/ESALQ (celso.omoto@usp.br) e **Oderlei Bernardi** é pós-doutorando do Departamento de Entomologia e Acarologia USP/ESALQ (oderleibernardi@yahoo.com.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDOW, D. A. The risk of resistance evolution in insects to transgenic insecticidal crops. *Collection of Biosafety Reviews*, Trieste, v. 4, p. 142-199, 2008.
- 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.
- FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection*, v. 64, p. 150-158, 2014.
- HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, C. S.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, P. H.; VAN RIE, J.; ESCRICHE, B.; FERRÉ, J. Shared midgut binding sites for Cry1A.105, Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac and Cry1Fa proteins from *Bacillus thuringiensis* in two important corn pests, *Ostrinia nubilalis* and *Spodoptera frugiperda*. *Plos One*, San Francisco/Cambridge, 5 jul. 2013. Disponível em: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0068164>. Acesso em: 14 set. 2015.
- SEGUNDO levantamento de adoção da biotecnologia agrícola no Brasil, safra 2014/15. *Céleres*, Uberlândia, MG, 16 dez. 2014. <http://celeres.com.br/2o-levantamento-de-adoacao-da-bio-tecnologia-agricola-no-brasil-safra-201415/>. Acesso em: 14 set. 2015.
- TABASHNIK, B. E. Delaying insect resistance to transgenic crops. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 9, p. 19029-19030, 2008.

TABELA 1 | TECNOLOGIAS DE MILHO BT COM RESISTÊNCIA A INSETOS LIBERADAS NO BRASIL

Tecnologia	Grupo de Proteína Bt		
	Cry1	Cry2	VIP3A
Yieldgard®; Agrisure TL®	Cry1Ab		
Herculex®™	Cry1F		
Viptera™			Vip3Aa20
Agrisure Viptera™	Cry1Ab		Vip3Aa20
Optimum™ Intrasect™	Cry1Ab + Cry1F		
VT PRO™	Cry1A.105	Cry2Ab	
PowerCore™, VTPROMax™	Cry1A.105 + Cry1F	Cry2Ab	

Fonte: CTNBio – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança.