

Definindo estratégias de manejo da resistência de pragas a toxinas Bt expressas em culturas transgênicas: o papel dos modelos de simulação

*Aline de Holanda Nunes Maia**

Nas últimas décadas, genes oriundos da bactéria do solo *Bacillus thuringiensis* (Bt) responsáveis pela expressão de toxinas inseticidas têm sido incorporados em espécies de plantas cultivadas, entre elas o milho (*Zea mays* L.) e o algodão (*Gossypium hirsutum* L.). As plantas modificadas com a inserção de tais genes, chamadas plantas transgênicas inseticidas, produzem endotoxinas com ação letal sobre algumas espécies de insetos das ordens Lepidoptera, Coleoptera e Diptera. Formulações comerciais com toxinas Bt como ingrediente ativo têm sido utilizadas desde 1950 para o controle biológico de pragas em muitas culturas, principalmente na agricultura orgânica. Nas culturas Bt, a própria planta é o veículo do princípio ativo.

Um dos principais riscos ambientais associados às culturas inseticidas é a evolução de resistência em pragas alvo. Insetos evoluem em resposta à seleção natural imposta pelos métodos de controle, limitando sua eficiência e viabilidade em longo prazo. Numa população de insetos, a evolução da resistência a toxinas Bt expressas em plantas transgênicas é um processo governado por um grande número de fatores que interagem entre si e são relacionados a características do material genético da planta transgênica, características da biologia, ecologia e genética da praga alvo, ao manejo da cultura e ao ambiente da região de cultivo.

Para retardar a evolução da resistência nas populações de pragas alvo, um conjunto de práticas denominado manejo da resistência deve ser adotado quando se utiliza qualquer método de controle. A principal estratégia de manejo de resistência recomendada nos países que adotam a tecnologia de culturas Bt é a estratégia denominada alta dose/refúgio estruturado. Como o próprio nome indica,

essa estratégia se refere ao uso de um híbrido ou variedade que expresse a toxina Bt em alta concentração em todos os tecidos da planta combinado com a adoção de refúgios estruturados. Os refúgios são áreas ocupadas por plantas hospedeiras da praga alvo, preferencialmente, do mesmo híbrido ou variedade da cultura transgênica, mas que não expressem a toxina. Espera-se que o refúgio mantenha populações das pragas-alvo constituídas por insetos susceptíveis às toxinas Bt. Esses insetos, ao se acasalarem com as populações da área da cultura transgênica, contribuem para diluir os alelos de resistência e desta forma retardam o processo de evolução.

Devido à complexidade da evolução da resistência, experimentos para estudar esse processo em condições de campo têm grandes limitações operacionais. Além disso, em muitos países a legislação não permite a realização de experimentos com culturas transgênicas. Em tais situações, o uso de modelos matemáticos de simulação é a única alternativa possível para fornecer projeções com base científica para auxiliar na escolha de estratégias de manejo eficientes para reduzir o risco de resistência. Esse tema foi amplamente discutido no painel (*Scientific Advisory Panel Meeting*) promovido pela FIFRA (*Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act*) sobre avaliação de riscos e benefícios associados a culturas Bt inseticidas. Concluiu-se que a utilização de tais modelos é a única abordagem com rigor científico que permite integrar toda a informação biológica disponível e que sem esses recursos as agências reguladoras teriam pouca base científica para escolher entre diferentes opções de manejo. O uso de modelos para simular a evolução a resistência de pragas permite que diferentes alternativas de manejo sejam classificadas com relação ao risco de ocorrência de falhas no controle ou ainda diferentes espécies ou populações sejam comparadas quanto às taxas de evolução da resistência a um determinado pesticida.

Como ferramenta heurística, a modelagem do processo de evolução da resistência facilita o entendimento do papel de cada um dos fatores envolvidos no processo e de como genética e ecologia populacional da praga alvo se inter

relacionam. Essa abordagem também é útil para e priorizar aspectos do processo a serem investigados.

O Dr. Michael Caprio, entomologista da *Mississippi State University* desenvolveu em 1998 um modelo para simular a evolução da resistência num sistema simplificado, com pequeno número de parâmetros. O modelo permite estimar ao final de cada geração da praga, a frequência do alelo R que confere resistência à toxina Bt e a frequência de indivíduos resistentes. Utilizando ferramentas de análise de incertezas desenvolvemos uma versão probabilística do modelo de Caprio, em linguagem Visual Basic, para avaliação quantitativa de risco de resistência. Nessa versão é possível estimar o risco de resistência ao longo das gerações da praga-alvo. Esse risco pode ser expresso pela probabilidade de a porcentagem de indivíduos resistentes exceder um valor crítico determinado com base no nível de dano econômica da praga-alvo em questão. Para mais informações ver referências abaixo.

Referências

CAPRIO, M.A. **Non random mating model.**

http://www.msstate.edu/Entomology/PgJava/ILSI_model.html (10 jun. 2001).

CAPRIO, M.A. Source-sink dynamics between transgenic and non-transgenic habitats and their role in the evolution of resistance. **Journal of Economic Entomology**, v.94, n.3, p.698-705, 2001.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Bt Plant-pesticides biopesticides registration action document**, Washington: USEPA, 2001a. 141p.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Final report of the FIFRA scientific advisory meeting**. Arlington: USEPA, 2001b. 78p.

FEDERAL INSECTICIDE, FUNGICIDE AND RODENTICIDE ACT SCIENTIFIC ADVISORY PANEL. **Sets of scientific issues being considered by the environmental protection agency regarding: Bt plant-pesticides risk and benefit assessments; final report**, Arlington, 2000. 78p. (SAP Report no. 2000-07, March 2001).

HAWTHORNE, D. Predicting pest evolution predicting insect adaptation to a resistant crop. **Journal of Economic Entomology**, v.91, n.3, p.565-571, 1998.

PECK, S.L.; GOULD, F.; ELLNER, S.P. Spread of resistance in spatially extended regions of transgenic cotton: implications for management of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v.92, n.1, p.1-16, 1999.

MAIA, A.H.N. Modelagem da evolução da resistência de pragas a toxinas Bt expressas em culturas transgênicas: quantificação de risco utilizando análise de incertezas. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brazil, 2003.

MAIA, A.H.N.; DOURADO-NETO, D. RRiskBt – um programa computacional para quantificar risco de resistência de pragas a toxinas Bt expressas em culturas transgênicas. In: Proceedings: Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria, 4, Porto Seguro, BA, Brazil, pp. 571-573, 2003.

MAIA, A.H.N.; DOURADO-NETO, D. Risk quantification of pest resistance to transgenic insecticidal crops using uncertainty analysis. *Scientia Agricola*, 61(5), p.481-485, 2004.

**Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, doutora em Estatística.*