

PLANTAS RESISTENTES Y SU INTEGRACIÓN EN EL MANEJO DE PLAGAS. AVANCES EN EL USO DE MAÍZ Bt. ADOPCIÓN DE AREA REFUGIO

*Por Ing. Agr. Jorge R. Aragón
Area Suelos y Producción Vegetal
EEA INTA Marcos Juárez. Junio 2003
jaragon@correo.inta.gov.ar*

Antecedentes

La resistencia a insectos permite a una planta evitar, tolerar o recuperarse de los daños provocados por las poblaciones de insectos. Esta característica proviene de aspectos morfológicos y bioquímicos, en general provenientes de cultivares comerciales y de plantas silvestres vinculadas al cultivo, que afectan el comportamiento y metabolismo de los insectos plaga.

Según el Dr. M. Kogan (University of Illinois) la resistencia a plagas es una tecnología que puede brindar control a gran diversidad de insectos que suelen afectar a los cultivos pero su utilización debe ser efectuada dentro de un programa de lucha integrada, lo que permite fomentar el control biológico y reducir el uso de productos insecticidas. El primer uso generalizado de plantas resistentes a insectos fue el practicado para el control del pulgón de la raíz de la vid (*Phylloxera sp.*) en Francia en el siglo pasado. Recién durante la década de 1920, R. Painter y sus colaboradores (Kansas State University, EE.UU.) iniciaron estudios sistemáticos de los factores que pueden conducir al desarrollo de cultivares con resistencia a insectos.

Dos de los principales mecanismos de resistencia a insectos son la resistencia ecológica y la resistencia genética. Dentro de esta última se destacan las plantas que poseen factores que afectan a los procesos metabólicos (sustancias antibióticas). Estas sustancias pueden provocar la muerte de insectos pequeños, disminución de la tasa de crecimiento, fallas en la metamorfosis, alteración de la diapausa, reducción de la fertilidad, etc.

Durante la década de 1960, investigadores de la Universidad de Wincosin y del USDA (Iowa, EE.UU.) lograron identificar los factores de antibióticos que provocaban en maíz la muerte de las larvas de una plaga de gran importancia como es el barrenador europeo (*Ostrinia nubilalis*). (Factores: RFA y RFB).

En ese período los trabajos de selección de alfalfa con factores antibióticos lograron obtener cultivares con alta resistencia a pulgones que brindaron un excelente control de la plaga y que posteriormente fueron introducidos en nuestro país.

En los años 70 y 80 los avances de la ingeniería genética y biología molecular permitieron lograr técnicas que incorporen genes que desarrollan toxinas de diferentes organismos a las plantas iniciando una nueva etapa en la lucha contra las plagas agrícolas.

Desarrollo de plantas resistentes a insectos con toxinas de *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis es una bacteria del suelo que cuando se transforma en espora produce cristales de proteínas (denominadas “Cry”) con propiedades tóxicas para algunos insectos cuando son ingeridas. Entre las más activas figuran las Delta-Endotoxinas. Después de ingerido, el cristal de proteína (protoxina) se disuelve en el intestino medio (alcalino) del insecto y se transforma en pequeñas moléculas tóxicas (polipeptidos) que se unen a sitios específicos del epitelio del intestino provocando poros y desbalance osmótico. Como resultado de esta acción el insecto deja de alimentarse y muere a los pocos días.

Durante las décadas de 1940 y 1950, productos a base de *B. thuringiensis* se utilizaban a nivel no comercial pero con buena eficacia insecticida en el control de diversas especies de larvas de lepidópteros. Recién a partir de 1960 se producen formulaciones comerciales que tienen gran difusión desde entonces (Dipel, Bac-thur, Thuricide, etc.).

Durante la década de 1970 se produjeron importantes logros en la identificación de cepas de *Bacillus thuriensis* (Bt) que tenían acción biocida sobre otros órdenes de insectos. Hasta el presente se han identificado más de 40 cepas que tienen diferente rango de acción y fueron clasificadas en varios grupos según si actúan en lepidópteros (Cry I A); dípteros (Cry IV A); coleópteros (Cry III A).

A principios de la década de 1980, los avances en ingeniería genética permitieron aumentar los niveles de toxicidad y espectros de acción del Bt natural mediante el manejo de ADN que codifican el desarrollo de los cristales de proteínas, por lo cual mejoró su eficiencia y el rango de huéspedes. Estas mejoras en los formulados de Bt no tuvieron gran éxito principalmente porque no afectan insectos protegidos. Se estima que en la década de 1990 el valor de las ventas mundiales anuales de las diferentes formulaciones de *B. thuringiensis* alcanzaba a 105 millones de U\$A, mientras los insecticidas químicos llegaba a los 7.600 millones de U\$A. Esto puede ser explicado por el hecho de que, aún con muy favorables características ambientales y toxicológicas por ser inocuo para animales superiores (mamíferos, aves, peces) y selectivo hacia los insectos benéficos, las formulaciones tradicionales de Bt tienen un rango limitado de plagas a controlar, bajo poder residual y no tienen efectividad en insectos protegidos (barrenadores) e insectos chupadores, de gran importancia en los cultivos agrícolas extensivos en comparación con los insecticidas de síntesis.

Esta situación cambió cuando en los EE.UU. se logró transferir los genes de *B. thuringiensis* que codifican las protoxinas Bt al genoma de las plantas, las cuales al producir las proteínas Bt en sus tejidos mostraron una notable eficacia en el control de insectos. Para incrementar la expresión de las toxinas en las plantas se optimizó la secuencia de nucleótidos y se utilizó la parte del gen que codifica la toxina activada. Actualmente se dispone de numerosos cultivares con resistencia a insectos con toxinas Bt (algodón, maíz, tomate y papa). En el cultivo de maíz se introdujeron inicialmente genes que producen toxinas específicas para dos barrenadores de gran importancia económica: el barrenador europeo (*Ostrinia nubilalis*) y el barrenador del Sur (*Diatraea grandiosella*).

Por qué se concentra el estudio y desarrollo de cultivares con toxinas Bt

De acuerdo con el Dr. F. Gould (N. Carolina S. University) (1997) la razón principal del desarrollo de cultivares con toxinas Bt es que las mismas son proteínas, producto directo de la transcripción del ADN. Esto requiere sólo la inserción de un gen codificador y una secuencia promotora en el ADN para que active dicho gen.

En cambio producir una toxina no proteínica es mucho más complejo y requiere que se introduzcan en la planta genes que codifican para producir enzimas con base proteínica. Estas enzimas requieren luego un ciclo biosintético que lleva a la producción de toxinas. Para que esto ocurra en cantidad suficiente se necesitarían varias enzimas. Una excepción es el desarrollo de variedades de algodón que expresan la enzima colesterol-oxidasa para el control de *Anthonomus grandis*. Esta situación dificulta el uso de toxinas presentes en diversas plantas. Respecto a toxinas provenientes de animales, numerosas son proteínas pero las mismas son inactivadas en el intestino del insecto. Otras fuentes potenciales de resistencia a insectos son el uso de genes que producen anticuerpos (específicos) que bloquean funciones esenciales de las proteínas de los insectos plagas, tecnología usada experimentalmente en el control de nematodos (Hilte y Boulder, 1999).

Manejo de la resistencia en maíz Bt

En nuestro país la superficie con maíz Bt alcanzó en la última campaña (2002/2003) muy altos niveles de difusión con valores cercanos al 40% y se tiene información de localidades con mayores niveles de adopción. Debe recordarse que en la primera campaña de uso de maíz Bt (1999/2000) se alcanzó un 6 a 7% de la superficie. La notable eficiencia de estos materiales en el control del barrenador del maíz ha puesto en evidencia los daños reales que esta plaga ha venido ocasionando al maíz (150 millones de dólares por año). Es posible que esta situación también ha fomentado un importante incremento en el control químico del insecto con el fin de evitar el mayor costo de los híbridos Bt en relación a los materiales convencionales, aunque asumiendo el riesgo del fracaso de las aplicaciones por varios factores.

La Asociación de Semilleros Argentinos (ASA) recomienda un área refugio de 10% de la superficie del lote con maíz No-Bt y que sea de ciclo similar para mantener su eficiencia y facilitar su manejo. Estas áreas refugios deben sembrarse en bloques dentro del mismo lote. En caso de lotes de más de 1500 m, el refugio deberá sembrarse en el centro del mismo. Estos refugios no funcionan como trampa ya que los adultos de *Diatraea* oviponen sus huevos en todos los lotes pero las larvas mueren cuando inician su alimentación en el maíz Bt.

De acuerdo a los últimos informes y evaluaciones de ASA, en nuestro país el nivel de adopción de áreas refugios por parte de los productores que utilizan maíz Bt alcanza al 70%. Esto implica que en una importante cantidad de lotes de maíz existe alta probabilidad de que se inicie el desarrollo de razas de *Diatraea* con resistencia a las toxinas Bt inutilizando una técnica de control muy eficaz.

En los EE.UU., existen datos que indican niveles de adopción de refugio de las últimas campañas de 81% en Iowa, Minnesota y Nebraska, mientras otras fuentes de información presentan datos que el nivel de adopción alcanzó al 86% del mismo requerimiento. De todos modos se intensificaron las tareas del gobierno y de las empresas productoras de semilla para lograr la adopción de las técnicas de manejo de la resistencia en maíz a la totalidad de los productores de maíz Bt.

Entre las recomendaciones para evitar la aparición de resistencia al maíz Bt se señala que los refugios de maíz No-Bt deben estar a una distancia no mayor de 800 m (con preferencia no más de 400m) de los cultivos con maíz Bt. También lo pueden sembrar en franjas o bloques dentro del mismo lote de maíz Bt. A los productores de maíz Bt se les requerirá que firmen un acuerdo para cumplir con este programa; a aquellos que no cumplan con las indicaciones de este programa por 2 años, no se les permitirá que siembren maíz Bt en el 3er. año.

Cuatro empresas de semillas (Dow AgroSciences, Monsanto, Pioneer Hi-Bred y Syngenta Seeds) conducirán una encuesta anual a los productores para evaluar el seguimiento del programa.

El acuerdo también señala que las citadas empresas brindarán entrenamiento técnico a sus distribuidores comerciales para que a nivel local tengan la responsabilidad de visitar a sus clientes para verificar si están aplicando las indicaciones de manejo de los refugios.

Es de esperar que en nuestro país también se intensifiquen las medidas de precaución, y la adopción del área refugio de maíz susceptible, sea de todos los productores que siembran maíz Bt.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Abbot Laboratories. 1986. Dipel. El insecticida biológico para un frágil planeta. Boletín informativo. 17p.
- ASA. 1999. Utilización de refugios en maíces Bt. Asociación Semilleros Argentinos. Buenos Aires. 8pp.
- Castañera, P. y F. Ortego. 2000. El maíz transgénico en España. En Mundo científico. ISSN 0211-3058. N° 210. P.43-47
- CSPI (Center for Science in the Public Interest) 2003 –CSPI. Says some farmers aren't planting Bt refugios. En: <http://binas.unido.org>

- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. Bt corn insect resistance management announced for 2000 growing season. Office of Pesticide Programs. Biopesticide news archive. <http://www.epa.gov/pesticides>.
- Gill, S. et al. 1992. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* Endotoxins. Annu. Re. Entomol. 37: 615-36.
- Gould, F. 1996. Integración de plantas plaguicidas, creadas por la ingeniería molecular a la agricultura meso americana. Zamorano, Honduras. Academic Press. ISBM: 1-885995-40-7. Pág. 7-39.
- Hilter, U.A. y D. Boulder. 1999. Genetic engineering of crop plants for insect resistance. A critical review. Crop Protection. 18 (3): 177 – 191.
- IRM (Insect Resistance Management). Stewardship Subcommittee. 2002. Insect resistance management growers survey for Bt field corn. 7p.
- Kogan, M. 1975. Plant resistance in pest management. En: Introduction to insect pest management. Ed.: R. Metcalf y W. Luckmann. Cap.4: 103 – 146.
- Kram; J. Insect Resistance. EPA tightens BT corn enforcement. Actions aimed to prevent insect resistance. <http://www.biotech-info.net>. 09/diciembre/2002.
- Krimsky, S. y R. Wrubel. 1996. Agricultural biotechnology and the environment. University of Illinois Press. ISBN 0-252-02164-9.
- Pozzi Jauregui, G.; 1997. *B. thuringiensis*, una herramienta eficaz para la biotecnología agrícola. 4º Seminario de actualización técnica. CPIA: Buenos Aires.