



## Avances en el desarrollo de soja con resistencia a insectos

**Jorge Aragón.** Sección Entomología Area Suelos y Producción Vegetal. Sept. 2003

**Resumen del trabajo del mismo nombre, incluido en la publicación SOJA: ACTUALIZACIÓN 2003. Información para extensión n°81. INTA Marcos Juárez. Autor: Ing. Agr. Jorge Aragón. Area Suelos y Producción Vegetal. INTA Marcos Juárez. [jaragon@correo.inta.gov.ar](mailto:jaragon@correo.inta.gov.ar)**

Tabla de contenido:

---

[\[Antecedentes\]](#) [\[Soja con resistencia genética a insectos\]](#) [\[Desarrollo de plantas resistentes a insectos con toxinas de \*Bacillus thuringiensis\*\]](#) [\[Avances en el desarrollo de soja Bt resistente a larvas de lepidópteros\]](#) [\[Perspectiva sobre el futuro de la soja Bt\]](#) [\[Bibliografía consultada\]](#)

---

### Antecedentes

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

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. Entre las ventajas de la plantas resistentes se destacan su especificidad, persistencia, compatibilidad con otras tácticas de manejo integrado y el medio ambiente.

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 XIX. 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.

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 causan No preferencia, las que tienen tolerancia al daño y aquellas que provocan antibiosis. La antibiosis implica un efecto fisiológico adverso al desarrollo de un insecto de tipo transitorio o permanente. Este efecto puede ser provocado por la presencia de sustancias como metabolitos tóxicos (glucósidos, quinonas), plantas que presentan un desbalance de nutrientes para el organismo plaga y la presencia de enzimas inhibidoras de la digestión. 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 Winsconsin y de la Secretaría de Agricultura de los EE.UU.(USDA) en el estado de Iowa, EE.UU.) lograron identificar la estructura química los factores antibióticos presentes principalmente en maíz joven que provocaban la muerte de las larvas de una plaga de gran importancia como es el barrenador europeo, *Ostrinia nubilalis*. Llamados inicialmente factor de resistencia A (RFA) y factor de resistencia B (RFB), estos estudios abrieron una importante línea de investigación sobre los mecanismos de la resistencia genética a insectos.

## **Soja con resistencia genética a insectos**

En 1967 y 1968 se iniciaron en las Universidades de North Carolina, South Carolina y Mississippi las investigaciones para lograr cultivares de soja con resistencia a el crisomélido *Epilachna varivestis*, observándose buen comportamiento en las con los materiales introducidos (Plant introduction) desde el lejano oriente PI 171451, PI 227687 y PI 229358 que mostraban defoliaciones de 20% respecto a testigos con 80 - 90% de daño. Posteriores estudios señalaron también resistencia a las larvas de *Heliothis zea*, *Pseudoplusia includens* y *Anticarsia gemmatalis*. Los factores que ocasionan antibiosis a el crisomélido *E. varivestis* han sido investigados principalmente en la línea de soja PI 229358, determinándose que podrían existir: 1) bajos niveles de factores que estimulan la alimentación; 2) bajos niveles nutritivos para esa especie de insecto; 3) presencia de factores repelentes y 4) factores antibióticos. Según algunos autores entre las sustancias que provocan antibiosis figuran fitoalexinas isoflavonoides y compuestos fenólicos.

## **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 siendo las mas activas 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. En otros organismos del suelo como lombrices , crustáceos, moluscos y animales superiores el *B. thuringiensis* no tiene ningún efecto toxico.

Durante la década de 1970 se produjeron importantes logros en la identificación de cepas de *Bacillus thuringiensis* (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 1 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 con los avances de la biología molecular y la ingeniería genética se logró transferir los genes de *B. thuringiensis* que codifican las toxinas Bt al genoma de las plantas, las cuales al producir las proteínas toxicas 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 como algodón, maíz, tomate y papa entre otros.

## **Avances en el desarrollo de soja Bt resistente a larvas de lepidopteros**

Durante 1994 investigadores de la Universidad de Georgia (EE.UU) informaron la exitosa inserción en soja del gen Cry1Ab , que aunque producía bajos niveles de toxina tenía un control parcial de la oruga *Anticarsia gemmatalis*. Dos años después se logra alta resistencia con la incorporación del gen sintético Cry1Ac que producía altas cantidades de toxina Bt brindando control total de larvas de *A. gemmatalis*, *Heliothis zea* y *Pseudoplusia includens* y *Elasmopalpus lignosellus*.

La Universidad de Georgia continuo estas investigaciones en conjunto con Mycogen para desarrollar líneas avanzadas de soja Bt para el control de las especies citadas , las cuales son plagas muy importantes de la soja . Para evitar el desarrollo de razas resistentes a una sola toxina Bt se investiga su uso combinado con genes de provenientes de plantas con factores que desarrollen antibiosis. Por otro lado Monsanto Co. también desarrollo líneas experimentales de soja Bt con resistencia a orugas defoliadoras y barrenadores como *Epinotia aporema*. En China investigadores de la Academia de Ciencias Agrícolas también lograron la obtención de soja experimental Bt con resistencia a *Heliothis zea* y *A. gemmatalis*.

En Argentina se inició la evaluación de eficacia de líneas avanzadas experimentales de soja Bt en 1997 y actualmente esta tarea se lleva a cabo en varias localidades de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe bajo la supervisión de la CONABIA (Comisión Nacional de Biotecnología para la Agricultura) y el SENASA. Los resultados de las evaluaciones señalan que el grado de resistencia al complejo de larvas de los lepidópteros mas comunes de la soja es muy alto, con niveles de defoliación que en la campaña 1999-2000 en un ensayo de impacto ambiental en INTA Oliveros (S. Fe) alcanzó al 4,8% en una de las líneas de soja Bt mientras que un testigo susceptible llegó al 22,2% de daño.

En INTA Marcos Juárez, durante la campaña 1998-1999 en un ensayo experimental el nivel de orugas defoliadoras ( *Rachiplusia nu* y *Spilosoma virginica* alcanzo a 3,4 larvas/ m de surco en el cultivar susceptible testigo mientras no se registraba infestación en los materiales experimentales linea Bt . Durante la campaña 2002-2003 en otro ensayo experimental de eficacia se determino que un testigo tenia un 76,4 % de plantas infestadas con *Epinotia aporema* mientras que en la linea de soja Bt no se registraba ataque.

## **Perspectiva sobre el futuro de la soja Bt**

Los estudios y ensayos experimentales efectuados sobre la eficiencia de las líneas experimentales de soja Bt han brindado resultados preliminares alentadores en el control de las principales orugas defoliadoras de la soja en los EE.UU. (*P. includens*, *A. gemmatalis* , *H. zea*, *E. lignosellus* )y en la Argentina (*Rachiplusia nu*; *Anticarsia gemmatalis* y *Spilosoma virginica*, *Epinotia aporema* ) . En el caso de que la soja Bt sea aprobada para su siembra a nivel comercial en un futuro cercano por el SENASA, se considera que su utilización puede ser un componente muy importante de un programa de manejo integrado que apunte al complejo de las plagas de la soja, ya que estas incluyen a otras que no son afectadas por las toxinas Bt. como chinches, tucuras y moluscos, entre otras.

En la Argentina los dos únicos cultivos extensivos transgénicos con toxinas Bt autorizados son el algodón y el maíz a partir de 1998. Para la campaña 1999-2000 se estimó que la superficie de maíz Bt alcanzó el 6-7% de la superficie total sembrada. La gran eficiencia de los híbridos Bt utilizados en el control del barrenador, *Diatraea saccharalis* y de la oruga de la espiga, *Heliothis zea*, permitió que la superficie sembrada de maíz resistente Bt alcanzara al 30 % en las ultimas campañas. Los cultivares de algodón Bt también mostraron que pueden reducir en gran medida la incidencia de las orugas dañinas del cultivo . Esta situación señala que este tipo de tecnología tiene una rápida aceptación por parte de los productores en función de los beneficios que brinda su cultivo.

## **Bibliografía consultada**

All, J., H. Boerma, W. Parrot, B. Rector, D. Walker y C. Stewart, Jr. 1999. New technologies for development of insect resistant soybean. En: Proceedings World Soybean Research Conference VI. Agosto de 1999, Chicago, Illinois. p.316-319.

Abbot Laboratories. 1986. Dipel : El insecticida biológico para un frágil planeta : Boletín informativo. 17p.

Gould, F. 1996. Integración de plantas plaguicidas, creadas por la ingeniería molecular a la agricultura Meso Americana. Zamorano, Honduras. Academic Press. ISBN: 1-885995-40-7. Pág. 7-39.

Hilteer, U.A. y D. Boulder. 1999. Genetic engineering of crop plants for insect resistance. A critical review. Crop Protection. 18 (3): 177 - 191.

Kogan, M. 1975. Plant resistance in pest management. En: Introduction to insect pest management. Ed.: R. Metcalf y W. Luckmann. Cap.4: 103 - 146.

Kogan, M. y D. Fisher. 1991. Inducibles defenses in soybean against herbivorous insects. Phytochemical induction by herbivores. Wiley, New York.

Pozzi Jauregui, G ; 1997. Bacillus thuringiensis, una herramienta eficaz para la biotecnología agrícola ". 4º Seminario de Actualización Técnica. CPIA. Buenos Aires.

Gilman, D. F., C. Smith y L. Newson .1980. Screening soybeans for stinkbug resistance..Lousiana Agriculture. Vol. 24 ( 1 ) : 12-13p.

Changsong Zhu, Heping Gu., Baolong Zhang y Xin Chen.1999. Transgenic soybean plants containing Bacillus thuringiensis endotoxin protein gene. En: Proceedings World Soybean Research Conference VI. Agosto 1999. Chicago, Illinois, EE.UU.

Gamundi; J.C.; S. Zampierin; S. Riart; J. Capalbo; L. Lenzi; G. Capello y A. Molinari. 2000. Evaluación del impacto de sojas transgénicas protegidas de insectos sobre los artrópodos depredadores. En: Soja - INTA Oliveros . 2002. Manejo integrado de plagas. P. 107-113.

Hartwig, E. y T. Kilen. 1989. Breeding soybeans resistant to foliar feeding insects. En: Actas IV Conferencia Mundial de la Investigación en Soja. Marzo 1989. Buenos Aires.

Hilteer, U.A. y D. Boulder. 1999. "Genetic engineering of crop plants for insect resistance". A critical review. Crop Protection. 18 (3): 177 - 191.

Kogan, M. 1975. Plant Resistance in Pest Management. En: Introduction to insect pest management. Ed.: R. Metcalf y W. Luckmann. Cap.4: 103 - 146.

Mac Rae, T. 2001. Insecticidal activity of Bt d-endotoxins against *Rachiplusia nu* (Lep.:Noctuidae). Monsanto Technology Report N° MSC-17092:1-14.

Parrot, W., J. Hall, M. Adamg, M. Bailey, H. Boerma y C. Stewart, Jr. 1994. Recovery and evaluation of soybean plants transgenic for a *Bacillus thuringiensis*. var. *kurstaki* insecticidal gene. In Vitro Cell Dev. Biol.Plant.30: 144-149.

Soybean Digest. 2001. Next up, Bt soybeans? En: News release. <http://www.checkbiotech.org> Benefits and risks. 05/04/01. 2p.

Stewart, C. ; M. Adamg; J. All; H. Boerma ; G. Cardineau ; D. Tucker y W. Parrot. 1996. Genetic transformation , recovery and characterization of fertile soybean transgenic for a synthetic *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac gene. Plant Physiol. 112:121-129.(**arriba**)