

## **EFFECTO DE DIFERENTES MAÍCES *Bt* EN LA BIOLOGÍA DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)\***

**GIAVENO, C. D.<sup>1</sup>; PARAVANO, A. S.<sup>1</sup>; CELLA, M.<sup>1</sup> & CURIS, M. C.<sup>2</sup>**

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de diferentes eventos transgénicos *Bt* presentes en híbridos comerciales de maíz sobre la mortalidad larval, postura de huevos y consumo de tejido foliar de orugas de *S. frugiperda*. Los experimentos fueron conducidos a campo y en cámaras de crecimiento. Fueron comparados tres eventos transgénicos comerciales (MON 810, BT11 y TC1507) utilizando un híbrido convencional como testigo susceptible. Fueron observadas diferencias significativas entre los híbridos para mortalidad larval y para consumo de tejido foliar. Los mejores valores entre los eventos transgénicos para esas características fueron observados para TC1507. No fueron observados efectos de los eventos en la presencia de posturas ni en la posición de las mismas. Los resultados permiten concluir que todos los eventos transgénicos estudiados fueron superiores al testigo convencional con un comportamiento levemente superior del evento TC1507.

*Palabras clave:* Maíz transgénico, *Spodoptera frugiperda*, cogollera.

### **SUMMARY**

#### **Effect of different bt corn on the biology of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).**

The objective of this work was to study the effect of different *Bt* transgenic events present in commercial corn hybrids on fall armyworm larvae mortality, leaf tissue consumption and eggs presence and localization on the plant. The trials were conducted in field and growing chamber. Three commercial transgenic events were compared with a non transgenic genotype used as a susceptible check. The events studied were MON 810, BT11 and TC1507. Highest differences between hybrids were observed for larvae mortality and tissue consumption. TC1507 event showed the best performance among events for these parameters. No transgenic effects were observed on egg mass presence and position on the plants. Results allow concluding that all events under study showed an adequate control of fall armyworm infestations with a little advantage for TC1507 event.

*Key words:* Transgenic Maize, fall army worm, *Spodoptera frugiperda*.

---

1.- Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Avda Pádua Dias 11, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. cdgiaven@yahoo.com.br

2.- Cátedra de Zoología y Entomología Agrícolas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Kreder 2805, (3080) Esperanza, Santa Fe. paravano@fca.unl.edu.ar

\* Trabajo financiado por CAID 2006 - Universidad Nacional del Litoral. 12\_C606

Manuscrito recibido el 2 de febrero de 2011 y aceptado para su publicación el 5 de abril de 2011.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es considerado uno de los cultivos más importantes del mundo, revistiendo importancia fundamental en países de América del Sur. En determinadas oportunidades, la productividad del maíz es afectada por un conjunto de factores de estrés, tanto bióticos como abióticos. Entre los factores bióticos, la oruga cogollera (*S. frugiperda*) es considerada como la principal plaga insectil que afecta la producción de maíz principalmente en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Viana *et al.*, 2004). La oruga cogollera es una plaga de control extremadamente difícil debido a la posición en el interior de la planta de maíz lo que limita mucho el uso de insecticidas. De acuerdo con Fernandes (2003) en Brasil fueron observadas reducciones de rendimiento cercanas a 40% como resultado de ataques intensos de esta plaga. En ese país, más de 600 millones de dólares fueron gastados en la zafra 2009 para controlar ataques de oruga cogollera (Ferreira Filho *et al.*, 2010). Esta situación puede verse agravada en los próximos años como respuesta al incremento del área plantada en segunda zafra (CONAB, 2010) con la consecuente mayor oferta alimenticia para la plaga durante el invierno (Diez Rodríguez & Omoto, 2001) y al probable aumento en la temperatura ambiental (IPCC, 2007) como resultado de la acumulación de gases de efecto invernadero. Todos estos factores conllevan a una mayor cantidad de generaciones de la plaga por año y ataques más intensos (Afonso, 2009).

En función de su hábito alimentario, la oruga cogollera es una especie que debe ser clasificada como herbívora generalista, por consumir una amplia gama de especies vegetales (Cabrera, 2001; Bernays, 2001). De esa forma, individuos de esa especie pueden reemplazar tejidos vegetales por

otras fuentes de alimentación como huevos (Barros Belanda & Zucoloto, 2001) o por individuos pertenecientes a otras especies, o inclusive de la propia especie (Whitman *et al.*, 1994; Bernays, 1998).

De acuerdo con Giaveno *et al.* (2004) existen diferentes grados de resistencia natural a lepidópteros en maíz, los que pueden encontrarse principalmente en poblaciones derivadas de germoplasma tropical. Una serie de factores, entre ellos la fuerte interacción entre la resistencia y el ambiente, hacen que hasta el momento no hayan sido utilizados comercialmente. De esa forma, el desarrollo de plantas transgénicas que utilizan genes provenientes de la bacteria *Bacillus thuringiensis* ofrece una nueva alternativa de control. Hari *et al.* (2008) destacan que existe una marcada falta de información en la literatura en relación al nivel de control de las plagas, generación de resistencia y posibles efectos sobre especies que no son el objetivo de esa tecnología. De esa forma, Archer *et al.* (2001) y He *et al.* (2002) comentan que los maíces transgénicos fueron originalmente desarrollados para el control de la “polilla del maíz” (*Ostrinia nubilalis*) y que posteriormente fueron observados importantes efectos sobre otras plagas como por ejemplo *S. frugiperda* (Vojtech *et al.*, 2005). En Argentina durante los últimos años, el control de plagas utilizando la tecnología *Bt*, fue basado en la utilización de diferentes eventos transgénicos lanzados al mercado por varias empresas. Algunos de esos eventos fueron posteriormente descartados por presentar un control de plagas ineficiente (Rossi, 2007).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de tres eventos transgénicos de maíz comercializados en Argentina sobre: “la mortalidad de las orugas”, “el consumo foliar por parte de las orugas”, y la “presencia y localización en la planta de las oviposiciones de la oruga cogollera”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Cuatro híbridos comerciales de maíz fueron utilizados en los experimentos (Cuadro 1). Los híbridos 1, 2 y 3 son materiales transgénicos con diferentes eventos *Bt* y el híbrido 4 es un híbrido comercial utilizado como testigo susceptible.

Una serie de ensayos de campo y de laboratorio fueron realizados con la finalidad de estudiar los efectos de los diferentes eventos en la mortalidad de larva de la oruga cogollera. En estos experimentos, los híbridos comerciales fueron evaluados utilizando un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Las parcelas experimentales estuvieron compuestas por tres surcos de 10 plantas cada uno. En el estado V6 (seis hojas completamente expandidas) da escala fenológica de Ritcher & Hanway (1992), 10 larvas neonatas fueron colocadas en el cogollo de cada una de las plantas del surco central utilizando un aplicador tipo “bazooka” propuesto por Wiseman *et al.* (1980). En el estado V10 (10 hojas completamente expandidas), las plantas fueron cortadas a ras del suelo, sus hojas cuidadosamente separadas, y las larvas contadas para cada híbrido. Este ensayo fue repetido tres veces bajo las mismas condiciones experimentales con la finalidad de evaluar la consistencia de los datos observados.

Los ensayos de laboratorio fueron con-

ducidos utilizando un diseño experimental factorial 4x3 con tres repeticiones. Siendo los cuatro híbridos en estudio y las tres diferentes poblaciones de larvas (1, 3 y 6 larvas), los efectos principales. Las unidades experimentales fueron cajas de Petri de vidrio. Se utilizó un disco de papel de filtro humedecido periódicamente con agua destilada, para mantener la humedad ambiental, evitando la deshidratación y enrollado de los fragmentos foliares. Cada híbrido fue representado por una muestra de tejido foliar de 8 cm<sup>2</sup> cortada con tijeras evitando la nervadura central de la hoja. Los restos de hojas no consumidos por las larvas fueron retirados diariamente registrándose el número de larvas por caja. Una nueva muestra de hoja fresca fue adicionada a las cajas junto con las larvas sobrevivientes. Los ensayos fueron conducidos bajo condiciones ambientales controladas de 28 ± 1 oC y 14 horas de luz por día, usando una cámara de crecimiento automatizada NT 708-AT (Novatecnica, Brazil).

Las mismas condiciones ambientales descriptas para los ensayos de mortalidad larval fueron utilizados para la evaluación del consumo de tejido foliar. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 10 repeticiones. Cada tratamiento fue representado por un disco foliar de 3 cm de diámetro (7,07 cm<sup>2</sup>) obtenido de cada híbrido mediante la utilización de un sacabocado. Un papel de filtro humedecido con agua destilada fue colocado en cada caja con la finalidad de

Cuadro 1: Híbridos comerciales usados en los ensayos de campo y laboratorio

Híbrido	Nombre comercial	Nombre del Evento Técnico / Comercial	Gen incorporado	Referencia Bibliográfica
1	DK 682	MON 810 / MG	<i>cry1Ab</i>	CONABIA (1998)
2	SIROCO	BT 11 / TD MAX	<i>cry1Ab</i>	CONABIA (2001a)
3	31P77	TC1507/ HERCULEX	<i>cry1F</i>	CONABIA (2001b)
4	ALBION	Testigo susceptible no transgénico		

evitar la deshidratación de las larvas y de los discos foliares. Una larva neonata fue colocada en cada caja de Petri. Diariamente, la larva fue retirada de la caja mediante la utilización de un pincel y los discos foliares reemplazados por tejido fresco. La superficie de los discos retirados de las cajas fue medida utilizando un medidor de área foliar LI-3100 (Li-Cor Instruments) y el consumo por parte de la larva calculado como la diferencia entre la superficie inicial y la obtenida después de la medición.

Para la evaluación de la presencia y localización de las masas de huevos en las plantas de maíz, se condujo un experimento de campo bajo condiciones de infestación natural. Estudios anteriores (Giaveno *et al.*, 2004) demostraron la eficiencia de este tipo de infestaciones cuando se hizo en épocas de siembra adecuadas para la mayor presencia de la plaga. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Las parcelas experimentales estuvieron compuestas por tres surcos con 10 plantas por cada uno. Las evaluaciones fueron conducidas utilizando la metodología propuesta por Beserra (2000) en la que todas las plantas del surco central, fueron cuidadosamente observadas con la finalidad de localizar las masas de huevos de la oruga cogollera. De esa forma, todas las hojas de cada planta fueron revisadas en ambas superficies. Esas evaluaciones fueron realizadas en dos momentos fenológicos: V6 (seis hojas completamente expandidas) y 10 (10 hojas completamente expandidas) agrupando las observaciones en los estratos superior, medio e inferior de la planta.

Los resultados de todos los ensayos fueron sometidos a análisis de la varianza combinado con el test de comparación de medias de Tukey. Los análisis fueron realizados utilizando los procedimientos ANOVA y GLM del programa SAS (1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ensayos de campo fueron observadas tasas de mortalidad larval superiores a 60 % en todos los tratamientos, con importantes diferencias entre los genotipos evaluados (Cuadro 2). Los menores valores de mortalidad fueron observados en el híbrido convencional (68%) y la mortalidad aumentó fuertemente en los tres eventos transgénicos. El efecto del evento *Bt11* presente en el híbrido 2 fue similar al observado para MON810 (híbrido 1), resultado esperado porque ambos eventos expresaban la misma proteína *Bt*, e inferior al presentado por TC 1507 (híbrido 3). Al comparar con el testigo susceptible, los eventos transgénicos produjeron un aumento en la mortalidad larval de 27,2%, 26% y 35,3% para los híbridos 1, 2 y 3 respectivamente. Reducciones importantes en el tamaño de la población de larvas debido al efecto de las proteínas producidas por la expresión del gen *cry1Ab* fueron informados por Williams *et al.* (1998). Resultados semejantes fueron obtenidos por Waquil *et al.* (2002). Estos autores informaron diferencias en la mortalidad producida por híbridos conteniendo el mismo gen. Por su parte, el evento TC1507 presentó los mayores valores de mortalidad (92%) representando un aumento de 35,3% con relación al testigo no transgénico. Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por otros autores, que describen a ese tipo de proteínas como las más efectivas para el control de la oruga cogollera (Luo *et al.*, 1999). Por su parte, Ayra Pardo *et al.* (2006) presentaron datos que confirman que las proteínas *cry1F* fueron las más efectivas entre una larga lista de proteínas *Cry* evaluadas. A pesar de presentarse como el evento con los mejores valores de mortalidad a campo, TC1507 presentó un control parcial del ataque de la oruga cogollera. Estos resultados

no están de acuerdo con los presentados por Waquil *et al.* (2002) quienes informaron un comportamiento inmune en los materiales que expresan la proteína cry1F.

En los ensayos de laboratorio fueron observadas diferencias significativas en la mortalidad larval entre híbridos y densidades poblacionales (Cuadro 2). En otras palabras, fue observado un importante efecto en la mortalidad como resultado del estrés producido por la competencia entre individuos a pesar de que la cantidad y calidad de alimento ofrecida era suficiente para el desarrollo de los mismos. La mortalidad en las cajas de Petri con una única larva fue inferior a 50% aumentando en la medida en que se aumentó la densidad poblacional. Fue observado que independientemente de la fuente de alimento, el aumento en la densidad de población llevó a una mayor mortalidad de larvas debido al canibalismo entre las orugas. Este proceso fue registrado por la observación de larvas mayores atacando a larvas menores, así como por la presencia de fragmentos corporales de larvas en las cajas. Compor-

tamiento semejante para oruga cogollera fue informado por Barros Bellanda & Zucoloto (2001). Un importante aumento en la mortalidad y canibalismo fue observado por Fernandes (2003) en maíces transgénicos conteniendo el evento MON 810.

Los resultados observados en los ensayos de campo y de laboratorio fueron equivalentes. En ambos casos fue observado un aumento en la mortalidad de larvas en los híbridos transgénicos con un comportamiento similar en ambos eventos que utilizan toxinas cry1Ab y superior para el evento TC1507.

Fueron observadas diferencias significativas entre los diferentes híbridos para consumo de tejido foliar (Cuadro 2). Las larvas de oruga cogollera presentaron los mayores valores de consumo de hoja en el híbrido convencional. Una disminución importante en el consumo fue observada en los híbridos transgénicos. Al igual que lo observado para mortalidad larval, el evento TC1507 presentó el mayor efecto de depresión del consumo de tejido verde entre los

*Cuadro 2: Efecto de los eventos transgénicos en el consumo de tejido foliar y en la mortalidad observada en los ensayos a campo y laboratorio.*

Híbrido	Experimento campo	Experimentos Laboratorio			
	Mortalidad ** (%)	Mortalidad (%)			Consumo de Tejido Foliar **
		Densidad Poblacional			
		1 **	3 **	6 **	
1	86,5 b	40,0 a	60,0 b	92,2 ab	162,5 c
2	85,7 b	41,4 a	62,7 a	90,3 b	175,6 b
3	92,0 a	39,0 a	63,3 a	95,0 a	148,2 d
4	68,0 c	28,8 b	46,7 c	58,3 c	220,4 a

\*\* Diferencias para  $p > 0,01$

Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias para el Test de Tukey (5%)

materiales transgénicos. Contrario a lo observado en los ensayos de mortalidad donde los dos eventos conteniendo el gen cry1Ab presentaron un comportamiento semejante, el evento MON810 presentó valores sensiblemente mejores de depresión del consumo foliar cuando comparado con *Bt11*. De esa forma, los eventos transgénicos produjeron una importante reducción en el consumo de tejido foliar cuando comparado con el testigo susceptible de 26,3%; 20,3% y 32,8% para los híbridos 1, 2 y 3 respectivamente. El consumo de tejido foliar observado en este trabajo para el híbrido convencional (híbrido 4) fue de 220,4 cm<sup>2</sup> y puede ser considerado como intermedio, comparando los valores informados por otros autores. De esa forma, Crócomo & Parra (1985) observaron valores de consumo foliar de 241,43 cm<sup>2</sup> mientras que Fernandes (2003) informó consumos de 210,6 cm<sup>2</sup>. Esas diferencias entre los consumos observados por diferentes autores pueden deberse a una serie de factores que pueden influenciar la cantidad de tejido consumido. Crócomo &

Parra (1985) informaron que factores como tiempo de exposición al alimento, momento fenológico de la planta y algunas características físicas y químicas de las hojas utilizadas pueden causar alteraciones en la cantidad final consumida por las larvas.

El tercer objetivo de este trabajo fue establecer la existencia o no de efectos de los eventos transgénicos sobre la ovisposición de mariposas. De acuerdo con Williams *et al.* (1997), la no preferencia es un mecanismo importante en la tolerancia a plagas en maíz. Según estos autores, plantas que poseen este mecanismo presentan alguna característica morfológica que afecta el comportamiento reproductivo de la plaga, ocurriendo que la cantidad y posición de las masas de huevos son algunos de los parámetros más afectados.

En los ensayos de campo (Cuadro 3) diferencias importantes fueron observadas entre los tres estratos de la planta y en los dos estados fenológicos evaluados con excepción del estrato superior en V6, en el que no fue observada la presencia de masas de huevos. Los resultados del Cuadro 3 muestran una

Cuadro 3: Localización de las masas de huevos (en porcentaje) en los diferentes tercios (superior, medio e inferior de las plantas en los estados fenológicos V6 y V10).

Híbrido	Estado Fenológico V6			Estado Fenológico V10		
	Tercio de la planta**			Tercio de la planta **		
	Superior	Media **	Inferior **	Superior **	Media **	Inferior **
1	0	36,4 b	63,3 b	40,0 a	46,7 c	13,3 a
2	0	42,9 a	57,1 c	30,0 b	60,0 a	10,0 b
3	0	37,5 b	62,5 b	40,0 a	50,0 b	10,0 b
4	0	33,3 c	66,7 a	41,7 a	50,0 b	8,3 c
Mean	0 c	37,5 b	62,4 a	37,9 b	51,7 a	10,4 c

\*\* Diferencias para  $p > 0,01$ .

Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias para el Test de Tukey (5%)

tendencia de preferencia por parte de las mariposas a lo largo del ciclo de vida de la planta. De esa forma, las mariposas prefirieron las camadas inferiores de la planta al comienzo del ciclo, y las superiores en estados más avanzados de la vida de la planta.

En todos los casos en que fueron observadas diferencias entre los híbridos, estas no presentaron ninguna relación con la presencia o no de eventos transgénicos en las plantas. La presencia de huevos en los diferentes híbridos presentó una tendencia completamente aleatoria. Comportamiento semejante fue informado por Beserra (2000) y por Fernandes (2003). De acuerdo con este último autor, las mariposas de la oruga cogollera concentraron sus oviposiciones en la parte inferior de la planta en el estado V4-6 y en la región media en el estado V8-10, tanto en las plantas transgénicas como en las convencionales. La Asociación de Semilleros de Argentina informó una fuerte falta de discriminación entre plantas

convencionales y transgénicas referida a la oviposición, por parte de mariposas de *S. frugiperda* (ASA, 2005)

Observaciones realizadas con respecto a la posición de las masas de huevos en relación a la superficie abaxial o adaxial de las hojas, dieron los resultados obtenidos (Cuadro 4), se nota que presentan una fuerte tendencia, por parte de las mariposas, a oviponer en la superficie inferior (abaxial) de las hojas, sin discriminar entre el híbrido convencional y los transgénicos. En el estado fenológico V6, la presencia de las masas de huevos fue de 36,7% en la superficie adaxial y 63,3% en la abaxial. Una proporción similar fue observada para el estado fenológico posterior (V10) en el cual el 62,7% de las masas de huevos estuvieron concentradas en la superficie abaxial de las hojas. La preferencia por parte de las mariposas de la oruga cogollera por oviponer en la superficie inferior de las hojas fue informada por Menses *et al.* (1991). Otros autores (Helmich *et*

Cuadro 4: Localización de las masas de huevos (en porcentaje) en las superficies de las hojas en los estados fenológicos V6 y V10.

Híbrido	Estado Fenológico V6		Estado Fenológico V10	
	Superficie hoja **		Superficie hoja **	
	Adaxial**	Abaxial **	Adaxial**	Abaxial **
1	33,3 c	66,7 a	42,8 a	57,2 c
2	37,5 b	62,5 b	33,3 c	66,7 a
3	42,8 a	57,2 c	40,0 b	60,0 b
4	33,3 c	66,7 a	33,3 c	66,7 a
Media	36,7 b	63,7 a	37,3 b	62,7 a

\*\* Diferencias para  $p > 0,01$ .

Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias para el Test de Tukey (5%)

*al.*, 1999, Pilcher & Rice, 2001) observaron la no diferenciación entre plantas transgénicas y convencionales en *Ostrinia nubilalis*, especie también perteneciente al Orden de los Lepidópteros.

En resumen, los diferentes eventos transgénicos evaluados afectaron directamente la mortalidad larval y el consumo de tejido foliar de manera diferenciada dependiendo de la proteína *Bt* expresada por cada híbrido, pero sin ningún efecto aparente en la presencia y posición de las masas de huevos de la oruga cogollera. Estos resultados permiten concluir que las alternativas transgénicas actualmente disponibles en el mercado de semillas, pueden ser consideradas como herramientas importantes para el control de la oruga cogollera en el cultivo de maíz. Por otro lado, estudios detallados sobre el posible efecto de estas tecnologías sobre otros insectos y el aumento de biotipos resistentes son necesarios conocer, para una utilización segura de las plantas transgénicas en la agricultura moderna.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Nacional del Litoral, Argentina, por el apoyo financiero para la realización de este proyecto por medio del programa CAI+D.

## BIBLIOGRAFIA

**AFONSO, A. P. S.; WREGGE, M.; MARTINS, J. F. S. & NAVA, D. E.** 2009. Simulação do zoneamento ecológico da lagarta-do-cartucho no rio grande do sul com o aumento de temperatura. *Arq. Inst. Biol.* 76, 607-612.

**ARCHER, T. L.; C. PATRICK; G. SCHUSTER; G. CRONHOLM; E. D. BYNUM & W. P. MORRISON.** 2001. Ear and shank damage by corn borers and corn earworms to four events of *Bacillus thuringiensis* transgenic maize. *Crop Prot.* 20: 139-144.

**ASA.** Asociación de Semilleros Argentinos. 2005. Maíz. Producción de Híbridos 2005. <http://www.asa.org.ar>. Acceso em: 6 de Junho de 2008.

**AYRA-PARDO, C.; L. RODRÍGUEZ CABRERA; Y. FERNÁNDEZ PARLÁ & P. TÉLLEZ RODRÍGUEZ.** 2006. Increased activity of a hybrid Bt toxin against *Spodoptera frugiperda* larvae from a maize field in Cuba. *Biot. Apl.* 23: 236-239.

**BARROS BELLANDA, H. C. H. & F. S. ZUCOLOTO.** 2001. Influence of chorion ingestion on the performance of *Ascia monuste* and its association with cannibalism. *Ecol. Entomol.* 26: 557-561.

**BERNAYS, E. A.** 1998. Evolution of feeding behavior in insect herbivores; success seen as different ways to eat without being eaten. *BioScience.* 48: 35-44.

**BERNAYS, E. A.** 2001. Neural limitations in phytophagous insects: implications for diet breadth and evolution of host affiliation. *Annu. Rev. Entomol.* 46: 703-727.

**BESERRA, E. B.** 2000. Biología, etología e capacidade de parasitismo de *Trichogramma* spp. Visando ao controle biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797). Tese Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, 132 p.

**CABRERA, J. C.** 2001. Interactions between *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and bt-transgenic sweet corn. PhD Thesis, North Carolina State University, Raleigh, USA. 156 pp.

**CONAB** (Companhia Brasileira de Abastecimento). 2010. Central de informações agropecuárias. <http://www.conab.gov.br/conabweb/>

- index.php?PAG=101. Acceso em novembro de 2010.
- CONABIA.** 1998. Documento de decisión. So- litud de la empresa Monsanto Argentina SAIC para la flexibilización de las condicio- nes de los permisos para la experimentación y/o liberación al medio de maíz resistente a Lepidópteros1, derivado del evento de trans- formación MON 810, también denominado EZRA. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>. Acceso en: 10 de Abril de 2008.
- CONABIA.** 2001a. Documento de decisión. Flexibilización de las condiciones de los per- misos para la experimentación y/o liberación al medio del maíz transgénico conteniendo el evento de transformación *Bt11*- empresa Novartis Argentina S.A.I.C. y F. [http://www. sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/ conabia/docu.php](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/ conabia/docu.php). Acceso em: 10 de Abril de 2008.
- CONABIA.** 2001b. Documento de decisión. Flexibilización de las condiciones de los permisos para la experimentación y/o li- beración al medio del maíz genéticamente modificado conteniendo el evento de trans- formación TC1507 que confiere resistencia a insectos Lepidópteros y tolerancia al herbicida glufosinato de amonio, de las empresas Pioneer Argentina S.A. y Dow AgroSciences Argentina S.A. [http://www. sagpya.me-con.gov.ar/new/0-0/programas/ conabia/DocDecisionTC1507.PDF](http://www.sagpya.me-con.gov.ar/new/0-0/programas/ conabia/DocDecisionTC1507.PDF). Acceso em: 10 de abril de 2008.
- CRÓCOMO, W. B. & PARRA, J. R. P.** 1985. Consumo e utilização de milho, trigo e sorgo por *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera:Noctuidae) Rev. Bras. de Entom. 29, 225-260.
- DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I. & OMOTO, C.** 2001. Herança da Resistência de *Spodop- tera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-Cialotrina. Neotrop Entomol.30. 311-316.
- FERNANDES, O. D.** 2003. Efeito do milho geneticamente modificado (MON 810) em *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e no parasitoide de ovos *Trichogramma* spp. Tese Doutorado, Escola Superior de Agricul- tura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, 164 p.
- FERREIRA FILHO, J. B. S.; ALVES, L. R. A.; GOTTARDO, L. C. B. & GEORGINO, M.** 2010. Dimensionamento do custo econômico representado por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no Brasil. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 21 p.
- GIAVENO, C. D.; PARAVANO, A. S.; CURIS, M. C. & PORTMANN, E.** 2004. Breeding maize for resistance to fall armyworm (*Spo- doptera frugiperda*) in Argentina: Genetic and environmental effects. Crop Breed. Appl. Biotech. 4, 434-440.
- HARI, N. S.; J. JINDAL & N. S. MALHI.** 2008. Resistance of Cry1Ab maize to spot- ted stemborer *Chilo partellus* (Lepidoptera: Crambidae) in Indian J. Trop. Insect Sci. 27: 223-228.
- HE, K.; Z. WANG; L. WEN & D. ZHOU.** 2002. Resistance of *Bt* maize to the Asian corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in China, (pp. 19-25). En SRINIVASAN, G., P. H. ZAIDI, B. M. PRASANNA, F. GONZA- LEZ & K. LESNICK (Ed.). Proceedings of the 8th Asian Regional Maize Workshop: New Technologies for the New Millennium, Bangkok, Thailand.
- HELLMICH, R. L.; L. S. HIGGINS; J. F. WITKOWSKY; J. E. CAMPBELL & L. C. LEWIS.** 1999. Oviposition of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in response to various transgenic corn events. J. Econ. Entomol. 92: 1014-1020.
- IPCC.** Intergovernmental Panel Climate Change. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Bases. Switzerland, 18p.
- LUO, K.; D. BANKS & M. J. ADANG.** 1999. Toxicity, binding, and permeability analyses

- of four *Bacillus thuringiensis* Cry1 d-endotoxins using brush border membrane vesicles of *Spodoptera exigua* and *Spodoptera frugiperda*. *Appl. Environ. Microb.* 65: 457-64.
- MENESES, R.; V. CORDERO & I. SANCHEZ.** 1991. Oviposición de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) em dos variedades de arroz. *Cultivos Agroindustriales*, 2: 91-93.
- PILCHER, C. D. & M. E. RICE.** 2001. Effect of planting dates and *Bacillus thuringiensis* corn on the population dynamics of European corn borer (Lepidoptera : Crambidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 730-742.
- RITCHIE, S.W. & J. J. HANWAY.** 1992. How corn plants develop. Special Report 48, Iowa State University Extension Department.
- ROSSI, D.** 2007. Evolución de los cultivares de maíz utilizados en la Argentina. *Revista Agromensajes*. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/22/1AM22.htm>. Acceso em: 10 de Abril de 2008.
- SAS INSTITUTE.** 1999. SAS/STAT procedure guide for personal computers. Version 8.2. SAS Institute, Cary, USA, 494 p.
- VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M.; VALICENTE, F. H. & I. CRUZ.** 2004. Ocorrência e controle de pragas na safrinha de milho nas regiões Norte e Oeste do Paraná. *Embrapa (Circular Técnica, 45)*. 8p.
- VOJTECH, E., M. MEISSE & G. M. POPPY.** 2005. Effects of *Bt* maize on the herbivore *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) and the parasitoid *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). *Transgenic Res.* 14: 133-144.
- WAQUIL, J. M.; F. M. F. VILLELA & J. E. FOSTER.** 2002. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (bt) à lagarta-docartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera:Noctuidae). *Rev. Brás. Milh. Sorg.* 1: 1-11.
- WHITMAN, D. W.; M. S. BLUM & F. SLANSKY.** 1994. Carnivory in phytophagous insects, (pp. 161-205). En: T. N. ANANTHAKRISNAN (Ed.). *Functional dynamics of phytophagous insects*. New Delhi, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.
- WILLIAMS, W. P.; SAGERS, J. B.; HANTEN, J. A.; DAVIS, F. M. & BUCKLEY, P. M.** 1997. Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm and southwestern corn borer. *Crop Sci*, 37, 957-962.
- WILLIAMS, W. P.; BUCKLEY, P. M.; SAGERS, J. B. & HANTEN, J. A.** 1998. Evaluation of transgenic corn for resistance to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in a laboratory bioassay. *Journ. Agr. Entom.* 15, 105-112.
- WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M.; & CAMPBELL, J. E.** 1980. Mechanical infestation device used in fall armyworm plant resistance programs. *Florida Entomol.* 63, 425-432.