ITEA (2000). Vol. 96V N.° 3, 157-164

EVALUACIÓN DE VARIEDADES TRANSGÉNICAS DE ALGODONERO (*Gossypium hirsutum* L.) RESISTENTES A GUSANO ROSADO (*Pectinophora gossypiella* S.) I. RENDIMIENTO

S. Godoy Avila*, A. Palomo Gil*, J.L. García Hernández**

* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental la Laguna, Apart. Postal 247, 27000 Torreón, Coahuila, México

** Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" - U.L. Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, C.P. 27000, México

RESUMEN

Los objetivos principales de este estudio fueron demostrar la característica de resistencia a gusano rosado en variedades de algodonero dotadas con el gen Bollgard ("NuCOTN 33^{B}", "NuCOTN 35^{B}", "H-1220 B" y "H-1244 B") y determinar sus diferencias en el rendimiento con las variedades convencionales.

Para evaluar las diferencias en rendimiento se incluyeron en el ensayo los progenitores recurrentes de cada una de las variedades transgénicas ("DP 5415", "DP 5690", "H-1220" y "H-1244", respectivamente). Las variedades "NuCOTN 33^{B}" y "NuCOTN 35^{B}" fueron las de mayor producción con 3.175 y 3.129 kg/ha, respectivamente. Así mismo todas las variedades transgénicas tuvieron rendimientos superiores a sus variedades convencionales, debido a que el gusano rosado ocasiono daños en los componentes del rendimiento, peso de cápsula, porcentaje de fibra e índice de semilla en las últimas variedades mencionadas.

Palabras claves: Resistencia a insectos, Daño por gusano rosado, Gen Bollgard.

SUMMARY

EVALUATION OF TRANSGENIC COTTON VARIETIES (*Gossypium hirsutum* L.) RESISTANT TO PINK BOLLWORM (*Pectinophora gossypiella* S.) I. YIELD

Principal objectives of this study were to demonstrate the resistance to pink bollworm of cotton varieties with the Bollgard gene, "NuCOTN 33^{B}", "NuCOTN 35^{B}", "H-1220 B" y "H-1244 B"), and to determine the differences in yield compared with conventional varieties.

In order to evaluate the differences on yield, the test included the recurrent parents of each transgenic variety (varieties without the Bollgard gene).

Varieties "NuCOTN 33^{B}" and "NuCOTN 35^{B}" were the most productive, with 3.175 kg/ha and 3.129 kg/ha, respectively. All the transgenic varieties had superior yields compared with their conventional varieties. It was because pink bollworm caused damage in the yield components of conventional cultivars: boll weight, fiber percent and seed index in conventional varieties, and not in varieties with the Bollgard gen.

Key words: Insects resistance, Pink bollworm damage, Bollgard gen.

Introducción

Los productores de algodón del norte de México se tienen que enfrentar a algunos problemas, entre los que se puede mencionar la escasez del recurso agua, el cual se ha agudizado en los últimos años por la grave sequía que se ha presentado en esta parte de la República Mexicana. Otro de los problemas más importantes es el aumento en los niveles de incidencia de los insectos-plaga, así como la resistencia que éstos han desarrollado en contra de los insecticidas químicos, que han sido durante mucho tiempo la principal forma de controlarlos. Esto ha traído como consecuencia que se tengan que aumentar las dosis y las combinaciones de los productos, elevando con ello los costos de producción. Por estas razones, los científicos han puesto mayor énfasis en la búsqueda de métodos más eficientes de combatir a los insectos plaga como: a) el incrementar el uso de insectos auxiliares como la crisopa, *Chrysoperla carnea* y la avispita tricograma, *Trichograma minutum*; b) la adecuación de las fechas de siembra y manejo del cultivo; c) el uso de insecticidas biológicos; y d) el desarrollo de biotecnología o ingeniería genética.

A través de la ingeniería genética es como se ha logrado transferir a algunas variedades de algodonero genes específicos de resistencia. Estas variedades toman el nombre de variedades transgénicas, y son el motivo de la presente evaluación.

Los estudios más recientes en Estados Unidos han demostrado que utilizar la transferencia de genes específicos (biotecnología) es uno de los caminos para obtener variedades que cumplan con las necesidades de los agricultores, ya que el manejo que se da en las variedades transgénicas no afecta sus características agronómicas conseguidas a través del mejoramiento convencional (WATSON, 1995). Este mismo autor señala que las variedades con el gene Bt son extremadamente resistentes al gusano rosado (*P. gossypiella*) y al gusano perforador de la hoja (*Bucculatrix thurberiella* B.), lo que representa un gran impacto, ya que permite mayor flexibilidad y mejor manejo de los productos para combatir otras plagas.

Uno de los mayores beneficios del algodón Bt es la reducción en el número de aplicaciones de insecticida, lo que brinda una magnífica oportunidad de uso de insectos auxiliares para el control de plagas secundarias (LAYTON, 1966).

Los objetivos del presente estudio fueron: a) comparar la efectividad de la inserción del gene Bollgard (Bt) en el control de gusano rosado y b) determinar las diferencias en rendimiento entre las variedades con el gen Bollgard y sus respectivas variedades convencionales.

Materiales y métodos

La evaluación de las variedades se llevó a cabo en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP, ubicado en Matamoros, Coahuila, México, durante el ciclo primavera-verano de 1996.

Esta localidad se encuentra en la región conocida como "Comarca Lagunera", la cual esta comprendida entre los paralelos 24° 05' y 26° 54' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste de Greenwich, a una altura de 1.120 m sobre el nivel del mar.

El experimento se sembró el 30 de mayo de 1996, con una fertilización de 146-50-0, a base de 300 kg/ha de urea más 100 kg/ha

de 10-50-0. La Parcela elemental fue de seis surcos de 8 m de largo, y la parcela útil fue de 6 m de los 2 surcos centrales. El Diseño Experimental fue en bloques al azar con cinco repeticiones.

Después de la siembra en seco se dio un riego inicial, posteriormente a los 38, 61, 81 y 102 días después de la siembra se dieron los riegos de apoyo.

La aplicación de herbicidas consistió en: la primera al momento de la siembra con trifluralina a una dosis de 1,5 litros por hectárea y la segunda con fluometuron en el primer riego a una dosis de 2 kg por hectárea.

En las variedades convencionales se realizaron cuatro aplicaciones específicas contra gusano rosado y dos aplicaciones para el control de mosca blanca. Para las variedades transgénicas únicamente se aplicó, en dos ocasiones, insecticida para el control de mosca blanca.

Las variedades convencionales evaluadas fueron "DP 5415", "DP 5690", "Hartz 1220" y "Hartz 12". Las variedades con el gene Bollgard (Bt) fueron "NuCOTN 33^B", "NuCOTN 35^B", "Hartz 1220 B" y "Hartz 1244 B".

El ensayo estuvo rodeado por una barrera de 20 m de ancho sembrado con algodón no transgénico para disminuir el riesgo de que el gen Bt sea transportado fuera del ensayo por insectos (polinización cruzada). Esta barrera de plantas fue destruida antes de la apertura de cápsulas, mediante un pase de rastra.

Infestación de gusano rosado

En el pico de cada generación, se tomaron 20 cápsulas susceptibles de cada parcela y se registró el porcentaje de infestación de cápsulas por gusano rosado y el porcentaje de larvas vivas de primero o segundo estadio. El criterio de aplicación de insecticidas en las variedades convencionales fue cuando se registró el 12 por ciento de cápsulas infestadas por gusano rosado. Para el caso de las variedades con el gen Bollgard, el criterio de aplicación fue cuando se registró el 12 por ciento de larvas (vivas) de rosado de primero o segundo estadío. Para el control de plagas distintas a gusano rosado, se utilizaron los productos y dosis adecuados para su control.

Componentes del rendimiento

Para explicar las posibles diferencias en el rendimiento unitario se analizaron los siguientes componentes de rendimiento: a) el índice de semilla, expresado como el peso en gramos de 100 semillas; b) el porcentaje de fibra, expresado como la proporción de fibra una vez quitada la semilla; y c) el peso de cápsula (abierta) el cual corresponde al peso promedio en gramos de las cápsulas producidas.

Rendimiento

Se analizó el rendimiento de algodón bruto (fibra más semilla) en kg/ha y la precocidad, medida como el porcentaje de algodón cosechado en la primera recogida con respecto al total producido.

Resultados y discusión

Porcentaje de infestación de gusano rosado

En el cuadro 1 se presentan los valores del porcentaje de infestación de gusano

rosado en cada uno de los cuatro muestreos realizados para todas las variedades. El análisis estadístico indicó diferencias sig-J nificativas entre variedades en todos los muestreos efectuados. Los valores del porcentaje de infestación obtenidos en las variedades transgénicas fue significativamente menor que los valores obtenidos por sus respectivas variedades convencionales. Se puede observar que en las variedades transgénicas no se llegó, en general, a tener valores del porcentaje de infestación que rebasaran el umbral económico establecido para las variedades convencionales.

En cambio, en las variedades convencionales, se puede observar en el mismo cuadro 1, que sus respectivos valores de porcentaje de infestación indicaron la necesidad de realizar una aplicación de insecticida específico para gusano rosado, después de cada muestreo efectuado.

En el mencionado cuadro 1 se observa que todas las variedades convencionales tuvieron un porcentaje de infestación estadísticamente igual, no así las variedades transgénicas que mostraron algunas diferencias significativas en los diferentes muestreos. Las variedades "NuCOTN 33^B" y "NuCOTN 35^B" presentaron los niveles más bajos de infestación por gusano rosado.

Porcentaje de larvas de gusano rosado

En el cuadro 2, se presenta el porcentaje de larvas (vivas) de primero y segundo estadíos. Todas las variedades transgénicas presentaron cero larvas vivas, con lo cual se tomo la decisión de no aplicar insecticidas en ninguna ocasión.

Las variedades transgénicas en general mostraron menores incidencias de la plaga, debido a que muchas de las larvas que intentaban penetrar en las cápsulas de estas variedades morían y quedaban atrapadas en

Cuadro 1
Porcentaje de infestación de gusano rosado en diferentes variedades de algodonero
Table 1
Pink bollworm infestation percentage on different cotton varieties

Variedades	Fecha de muestreo			
	28 de agosto	1 de septiembre	8 de septiembre	15 de septiembre
"DP 5415"	21,2 a*	22,5 ab	13,7 ab	25,0 a
"NuCOTN 33^B"	2,5 d	2,5 d	10,0 b	6,2 bc
"DP 5690"	16,2 ab	28,7 a	7,5 b	21,2 a
"NuCOTN 35^B"	3,7 cd	3,7 bc	12,5 b	6,2 bc
"H 1220"	16,2 ab	22,5 ab	25,0 a	22,5 a
"H 1220 B"	6,2 bcd	10,0 cd	7,5 b	11,2 b
"H 1244"	20,0 a	28,7 a	15,0 ab	21,2 a
"H 1244 B"	7,5 bcd	15,0 bc	7,5 b	2,5 c

(*) Valores con la misma letra son estadísticamente iguales en el test de Duncan ($p < 0.05$).

Cuadro 2
Porcentaje de larvs (vivas) de primero y segundo estadio en cápsulas de variedades convencionales y transgénicas de algodonero
Table 2
Percentage of first and second instars larvae (Alive) on bolls of conventional and transgenic cotton varieties

Variedades	Fecha de muestreo			
	28 de agosto	1 de septiembre	8 de septiembre	15 de septiembre
"DP 5415"	21,2	22,5	13,7	25,0
NuCOTN 33^{B}"	0	0	0	0
"DP 5690"	16,2	28,7	7,5	21,2
"NuCOTN 35^{B}"	0	0	0	0
"H 1220"	16,2	22,5	25,0	22,5
"H 1220 B"	0	0	0	0
"H 1244"	20,0	28,7	15,0	21,2
"H 1244 B"	0	0	0	0

el carpelo de la cápsula, por lo que no eran detectadas en los muestreos, las que lograban atravesar esa capa también morían al empezar a alimentarse de la fibra por la protección que confiere en toda la planta el gene Bollgard (WATSON, 1994 y WOFFORD, 1996).

Componentes del rendimiento

En el cuadro 3 se presentan los valores de los tres componentes de rendimiento utilizados para evaluar el comportamiento de las variedades resistentes a lepidópteros en comparación con sus respectivas variedades convencionales. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre variedades para los tres componentes de rendimiento.

En lo que se refiere al índice de semilla, todas las variedades transgénicas mostraron valores superiores a sus respectivas variedades convencionales, aunque no todas estas diferencias fueron significativas. Los cultivares "NuCOTN 33^{B}" y "DP 5415" fueron las que mostraron la diferencia más alta entre una variedad transgénica y su contraparte convencional, los valores más altos los tuvieron las variedades Hartz con el gene Bollgard, "H1220 B" y "H1244 B" con valores de 9,04 y 9,08, respectivamente.

En lo que respecta al porcentaje de fibra, todas las variedades transgénicas tuvieron valores inferiores a sus respectivas variedades convencionales, siendo todas las diferencias significativas estadísticamente. Este resultado se explica por el hecho de que el principal daño que ocasiona el gusano rosado es precisamente en la semilla (JENKINS *et al.*, 1995).

En lo que se refiere al peso de cápsula, las variedades transgénicas presentaron, en general, un valor significativamente superior al obtenido por las variedades conven-

Cuadro 3
Componentes del rendimiento de diferentes variedades de algodonero
Table 3
Yield components of different cotton varieties

Variedades	Índice de semilla (g)	Porcentaje de fibra	Peso de cápsula (g)
"DP 5415"	6,91 c*	41.8 a	2,7 c
"NuCOTN 33^{B}"	8,36 ab	38,9 b	4,1 a
"DP 5690"	7,70 bc	41,5 a	3,4 b
"NuCOTN 35^{B}"	8,65 ab	39,0 b	4,1 a
"H 1220"	8,86 a	39,4 b	3,3
"H 1220 B"	9,04 a	37,0 d	3,8 ab
"H 1244"	8,05 ab	39,6 b	3,4 b
"H 1244 B"	9,08 a	37,7 cd	3,9 ab

(*) Valores con la misma letra son estadísticamente iguales en el test de Duncan ($p < 0.05$).

cionales, cuyo peso de capullo fue en promedio 20 por ciento menor que el de los genotipos resistentes.

Las variedades "NuCOTN 33^{B}" y "NuCOTN 35^{B}" tuvieron los valores más altos de peso de capullo con 4,1 g "DP 5415" tuvo el valor más bajo de peso de capullo con 2,7 g. Estos resultados eran de esperarse, ya que como menciona JENKINS *et al.* (1995), el daño de gusano rosado consiste en que al alimentarse de la semilla y acabar con las reservas del fruto provoca pérdidas en el peso de cápsula y al final en la producción de algodón. En cambio, en las variedades resistentes, el insecto no alcanza a provocar ningún daño de consideración antes de morir.

Rendimiento y precocidad

Los resultados de rendimiento y precocidad se muestran en el cuadro 4. El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre variedades, tanto para el rendimiento como para la precocidad. Los valores de rendimiento más altos correspondieron a los cultivares "NuCOTN 33^{B}" y "NuCOTN 35^{B}" con 3.175 y 3.129 kg de algodón bruto/ha, respectivamente. Sus progenitores recurrentes, "DP 5415" y "DP 5690" tuvieron rendimientos 33 y 22 por ciento más bajo que sus correspondientes variedades transgénicas con 2.143 y 2.442 kg de algodón bruto/ha. Éstas superaron a su vez al resto de las variedades.

Las variedades transgénicas tipo Hartz no mostraron diferencias estadísticas en rendimiento con sus progenitores.

En el aspecto de precocidad los valores más altos los tuvieron "H1220" y "H1244" con 56 y 54%, respectivamente, superando significativamente a todas las demás variedades. En general las variedades tipo Hartz fueron más precoces que las variedades tipo Deltapine. El genotipo más tardío fue "NuCOTN 35^{B}" con un valor de precocidad de un 34 por ciento.

En lo que se refiere al rendimiento hubo una gran diferencia entre las variedades

Cuadro 4
Rendimiento y precocidad de diferentes variedades de algodonero
Table 4
Seedcotton yield and earliness of different cotton varieties

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Porcentaje de precocidad
"DP 5415"	2.143 b*	48 c
"NuCOTN 33^{B}"	3.175 a	47 c
"DP 5690"	2.442 b	47 c
"NuCOTN 35^{B}"	3.129 a	34 d
"H 1220"	1.629 c	56 a
"H 1220 B"	1.619 c	49 bc
"H 1244"	1.510 c	54 ab
"H 1244 B"	1.640 c	49 bc

(*) Valores con la misma letra son estadísticamente iguales en el test de Duncan ($p < 0,05$).

"NuCOTN 33^{B}" y "NuCOTN 35^{B}" con sus progenitores recurrentes "DP 5415" y "DP 5690" a favor de las transgénicas, demostrando que es esta característica la más afectada por el gusano rosado, teniendo su origen en los daños que ocasionaron en las características de número de cápsulas sanas y en el peso de cápsula (WOFFORD, 1996), y que la protección del gene Bollgard contra esta plaga es altamente eficiente (WATSON 1994).

En cuanto a las variedades Hartz, aún cuando las variedades transgénicas mostraron altos niveles de resistencia contra el gusano rosado, ésta no se reflejó en el rendimiento, ya que no mostraron diferencias significativas con respecto a sus progenitores recurrentes, debido a que su genotipo no esta adaptado a las condiciones de la Comarca Lagunera, ya que como menciona BACHELER (1996), la respuesta de un genotipo variará grandemente de área en área. Estas variedades por su característica de hoja pubescente son susceptibles al ataque de mosca blanca, el cual fue de consideración durante el desarrollo del presente experimento.

Conclusiones

1. Con los resultados del porcentaje de infestación y de larvas vivas se comprueba la resistencia de las variedades dotadas con el gene Bollgard al gusano rosado (*P. gossypiella* S).

2. El principal daño de gusano rosado se refleja en un menor peso de la cápsula abierta, un menor valor de índice de semilla y un mayor valor del porcentaje de fibra.

3. Las diferencias en rendimiento de las variedades "NuCOTN 33^{B}" y "NuCOTN 35^{B}" con sus respectivas variedades parentales "DP 5415" y "DP 5690" se debieron al mayor daño por gusano rosado observado en las últimas.

4. No obstante la resistencia de las variedades "H 1220 B" y "H 1244 B" al ataque

de gusano rosado, su susceptibilidad a mosca blanca (*Bemicia tabaci*) no permitió detectar diferencias significativas en la producción de algodón con respecto a sus progenitores.

5. Con excepción de la variedad NuCOTN 33^B, todas las variedades transgénicas se comportaron más tardías que las variedades convencionales.

Bibliografía

BACHELER J.S. 1996. Scouting Bt cotton for lepidopterous pests. p. 157. Beltwide Cotton Production Research Conferences, San Antonio, TX.

JENKNIS J.N., MCCARTY JR. J.C. and WOFFORD T. 1995. Bt. cotton a new era in cotton production. p.171. Beltwide Cotton Production Research Conferences, San Antonio, TX.

LAYTON B. 1996. Anticipated changes in mid-south insect management resulting from adoption of Bt-transgenic cotton. p. 160-161. Beltwide Cotton Production Research Conferences, San Antonio, TX.

MEREDITH JR. W.R. 1995. Strenghts and limitations of conventional and transgenic breeding. pp. 166-167, Beltwide Cotton Production Research Conferences, San Antonio, TX.

WATSON T.F. 1995. Impact of transgenic cotton on pink bollworm and other lepidopteran insects. p. 759. Beltwide Cotton Production Research Conferences, San Antonio, TX.

WOFFORD T. 1995. Transgenic cotton variety plans. p. 168. Beltwide Cotton Production Research Conferences, San Antonio, TX.

(Aceptado para publicación el 25 de mayo de 2000)