

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE ALGODÓN TRANSGÉNICO CON TOLERANCIA AL ATAQUE DE LEPIDOPTEROS Y RESISTENTE A GLIFOSATO

JOSÉ ÁNGEL FERNÁNDEZ REINA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION
AGRONÓMICA



Universidad Autónoma Agraria "AntonioNarro"
Unidad Laguna - Subdirección de Postgrado.
Torreón Coahuila, octubre de 1999.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE ALGODÓN TRANSGÉNICO CON
TOLERANCIA AL ATAQUE DE LEPIDOPTEROS Y RESISTENTE A
GLIFOSATO

T E S I S

POR

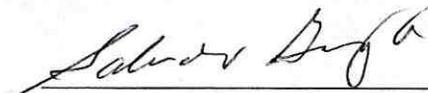
JOSÉ ÁNGEL FERNÁNDEZ REINA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRONÓMICA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

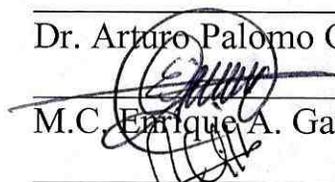


Dr. Salvador Godoy Avila

Asesor:

Dr. Arturo Palomo Gil

Asesor:



M.C. Enrique A. García Castañeda

Dr. Raúl Villegas Vizcaíno
Jefe del Departamento de Postgrado

Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Torreón Coahuila, 28 de octubre de 1999.

AGRADECIMIENTOS

- ◆ Al Doctor Salvador Godoy Avila, por brindarme su asesoría y sus sabios consejos en el transcurso de la carrera, durante el desarrollo del trabajo de investigación y durante la elaboración de la presente tesis.
- ◆ Al Doctor Arturo Palomo Gil, por transmitirme sus conocimientos y sus consejos durante la carrera y por su valiosa colaboración en la revisión de esta tesis.
- ◆ Al Maestro en Ciencias Enrique A. García Castañeda, por sus consejos y su incondicional apoyo para la realización del trabajo de investigación y por su importante colaboración en la revisión de la tesis.
- ◆ Al Campo Agrícola Experimental de la Laguna, por brindarme la oportunidad de participar en este proyecto de investigación.
- ◆ A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme una vez más la oportunidad de seguirme superando y alcanzar el grado académico de Maestro en Ciencias.
- ◆ Al Maestro en Ciencias Armando Espinoza Banda, Jefe del Programa Docente de la Maestría en Producción Agronómica, por su incondicional apoyo tanto al ingresar, como en el transcurso de la carrera y en la organización del examen profesional.
- ◆ A mis compañeros de generación, Ingeniero Julio Cesar Molina Macías, Bióloga Liana Contreras Burciaga e Ingeniero Juan Antonio Medrano Agüero por su apoyo moral, compañerismo y amistad.

DEDICATORIAS

A Dios:

Que me permite escalar un peldaño mas en mi preparación académica y profesional.

A Mis Padres:

Félix Fernández y María Reyna, con todo respeto y agradecimiento, quienes me dieron los primeros conocimientos en la vida.

A Mi Esposa:

María Esther Ortega de Fernández, con amor y agradecimiento por todo su apoyo recibido en las buenas y en las malas.

A Mis Hijos:

José Carlos, Luis Fernando y José Angel, esperando ser para ellos el ejemplo a seguir en el camino que tendrán que recorrer a lo largo de su preparación académica.

A Mis Hermanos:

Jesús, Juan Carlos, Jorge Luis, Bernabé, Víctor Manuel y María de los Angeles, exhortándolos a seguir adelante, siempre con la filosofía de que lo que está bien se puede mejorar.

COMPENDIO

ANALISIS DE CRECIMIENTO DE ALGODON TRANSGENICO CON TOLERANCIA AL ATAQUE DE LEPIDOPTEROS Y RESISTENTE A GLIFOSATO

POR

JOSE ANGEL FERNANDEZ REINA

MAESTRIA

PRODUCCION AGRONOMICA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
TORREON, COAHUILA, OCTUBRE DE 1999.

Ph.D. Salvador Godoy Avila Asesor

Palabras Claves: Bollgard, Roundup Ready, *Gossypium hirsutum* L.

El presente trabajo fue establecido en Matamoros, Coahuila, México, en un diseño de bloques completos al azar. El experimento se sembró el 13 de abril de 1998. El objetivo principal del estudio, fue el de caracterizar a la variedad DP 655 B/RR mediante sus índices de crecimiento. Esta variedad y su progenitor recurrente, la variedad Deltapine 5690, fueron evaluadas de acuerdo a los siguientes tratamientos: 1) DP 655 B/RR, sin aplicaciones; 2) DP 655 B/RR, con una aplicación de glifosato a razón de 0.680 Kg/ha antes de la etapa de cuarta hoja; 3) DP 5690 con control convencional de plagas y maleza; 4) DP 655 B/RR, con tres aplicaciones secuenciales de glifosato, a razón de 0.680

Kg/ha en las siguientes etapas: la primera antes de la etapa de cuarta hoja, la segunda a los 95 días después de la siembra y la tercera a los 122 días después de la siembra; 5) DP 655 B/RR con dos aplicaciones secuenciales de glifosato a razón de 0.680 Kg/ha, la primera antes de la etapa de cuarta hoja y la segunda a los 95 días después de la siembra; 6) DP 5690, con una aplicación de glifosato a razón de 0.680 Kg/ha, antes de la etapa de cuarta hoja. Basado en los resultados obtenidos se comprobó que los genes Bollgard y Roundup Ready, no modifican el comportamiento agronómico de las variedades transgénicas de algodón, ya que los índices de crecimiento de la variedad DP 655 B/RR fueron muy similares a los de su progenitor recurrente, la variedad DP 5690. La única diferencia en el crecimiento entre estas dos variedades se presentó cuando empezó la fructificación, ya que la variedad DP 5690 por el ataque de plagas que sufrió sobre todo de gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* S.), acumuló menor cantidad de materia seca en órganos fructíferos disminuyendo sus índices de crecimiento y por lo tanto su rendimiento en comparación con la variedad transgénica. La aplicación total de glifosato antes de la cuarta hoja causó daños parciales a la planta mas no a la calidad de fibra de la variedad DP 655 B/RR. La aplicación total realizada en precosecha sobre la variedad Roundup Ready afectó negativamente el rendimiento y a la vez esta aplicación aceleró la maduración. Dependiendo del grado de infestación y de la época en que se presente la mayor incidencia de malas hierbas, se puede decidir entre hacer una aplicación total antes de la cuarta hoja, una aplicación dirigida al cierre del cultivo o una aplicación total en precosecha.

ABSTRACT

GROWTH ANALYSIS OF TRANSGENIC COTTON TOLERANT TO LEPIDOPTERA AND RESISTANT TO GLYPHOSATE

BY

JOSE ANGEL FERNANDEZ REINA

MASTER SCIENCE

AGRONOMICAL PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
TORREON, COAHUILA, OCTOBER, 1999.

Ph.D. Salvador Godoy Avila Adviser

Key Words: Bollgard, Roundup Ready, *Gossypium hirsutum* L.

A field experiment was conducted at Matamoros, Coahuila, México in a randomized complete block design. This experiment was planted on april 13, 1998. The main objective of this study was characterize to the variety DP 655 B/RR through its growth rates. This variety and its recurrent parent, DP 5690, were studied, the treatments included: 1) DP 655 B/RR, without applications; 2) DP 655 B/RR, with one application of glyphosate at 0.680 kg/ha before fourth leaf stage; 3) DP 5690 which conventional control of pests and weeds; 4) DP 655 B/RR with three sequential applications of glyphosate at 0.680 kg/ha at following growth stages: the first before fourth leaf stage, the second at 95 days after planting and the third 122 days after planting; 5) DP 655 B/RR with two sequential applications of glyphosate at 0.680 kg/ha at following growth stages:

the first before fourth leaf stage, and the second at 95 days after planting; 6) one application of glyphosate at 0.680 kg/ha before fourth leaf stage. Based on the result it was verified that Bollgard and Roundup Ready genes do not modify the agronomical characteristics of the transgenic cotton varieties. The growth rates of DP 655 B/RR were very similar to the growth rates of DP 5690. The only difference in the growth analysis between this two varieties was at beginning of the fruiting stage because the variety DP 5690 had a damage by pink bollworm (*Pectinophora gossypiella* S.), the result of this was that DP 5690 it had less dry matter in vegetative organ, decreasing its growth rate. The topical applications of glyphosate before fourth leaf stage may cause partial injury to the plant but not to lint quality of DP 655 B/RR. The topical applications of glyphosate on preharvest on Roundup Ready variety may affect negatively the yield and this type of application accelerates the maturity. Depending on weed population and timing of the greatest weed population it can be decided to choose a application of glyphosate before fourth leaf stage, an post-directed application of glyphosate or a topical application of glyphosate on preharvest.

INDICE

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
MATERIALES Y METODOS.....	8
UBICACIÓN.....	8
DISEÑO DE TRATAMIENTOS.....	8
MANEJO DEL CULTIVO.....	9
VARIABLES MEDIDAS.....	10
MATERIA SECA.....	10
AREA FOLIAR.....	10
INDICES DE CRECIMIENTO.....	10
TASA DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO.....	11
TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO.....	11
TASA DE ASIMILACIÓN NETA.....	11
RELACION DE AREA FOLIAR.....	12
AREA FOLIAR ESPECIFICA.....	12
RELACION DE PESO FOLIAR.....	12
INDICE DE AREA FOLIAR.....	13
DURACION DE AREA FOLIAR.....	13
RENDIMIENTO Y PRECOCIDAD.....	13
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	13
CALIDAD DE FIBRA.....	13
RESULTADOS Y DISCUSION.....	15
MATERIA SECA.....	15
MATERIA SECA TOTAL.....	15
PESO SECO DE ORGANOS VEGETATIVOS.....	16
PESO SECO DE ORGANOS FRUCTIFEROS.....	19
ASIGNACION DE MATERIA SECA.....	21
INDICES DE CRECIMIENTO.....	22
TASA DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO.....	22
TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO.....	24
TASA DE ASIMILACION NETA.....	25
RELACION DE AREA FOLIAR.....	25

AREA FOLIAR ESPECIFICA.....	27
RELACION DE PESO FOLIAR.....	27
INDICE DE AREA FOLIAR.....	29
DURACION DE AREA FOLIAR.....	30
RENDIMIENTO Y PRECOCIDAD.....	31
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	32
INDICE DE SEMILLA.....	32
PROPORCION DE PLUMA.....	33
PESO DE CAPULLO.....	33
CALIDAD DE FIBRA.....	33
CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFIA.....	37

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Porcentaje de daño por gusano rosado y conchuela en las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 a los 121 dds.....	21
Cuadro 2. Asignación de materia seca hacia órganos vegetativos y fructíferos de las variedades de algodón DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	22
Cuadro 3. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.	23
Cuadro 4. Tasa relativa de crecimiento (TRC) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	24
Cuadro 5. Tasa de asimilación neta (TAN) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	26
Cuadro 6. Relación de área foliar (RAF)) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	26
Cuadro 7. Area foliar específica (AFE) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	28
Cuadro 8. Relación de peso foliar (RPF) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos glifosato.....	28
Cuadro 9. Índice de área foliar (IAF) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	29
Cuadro 10. Duración de área foliar (DAF) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	30
Cuadro 11. Rendimiento y precocidad de las variedades DP 655 B/RR y su progenitor recurrente DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	32
Cuadro 12. Componentes del rendimiento de las variedades DP 655 B/RR y su progenitor recurrente DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	34
Cuadro 13. Calidad de fibra de la variedad DP 655 B/RR y su progenitor recurrente DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato....	34

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Materia Seca Total de las Variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	17
Figura 2. Peso seco de Organos Vegetativos de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	18
Figura 3. Peso Seco de Organos Fructíferos de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.....	20

INTRODUCCION

La productividad del cultivo del algodón se ve limitada, entre muchos otros factores, por el ataque de plagas insectiles, destacando por su importancia el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* S.) y el gusano bollero (*Heliothis zea* B.), los cuales han desarrollado diferentes grados de resistencia contra los insecticidas sintéticos, que por mucho tiempo han sido la principal forma de control, trayendo como consecuencia que se tengan que incrementar las dosis y las combinaciones de los productos, ocasionando contaminación ambiental y elevando considerablemente los costos de producción.

Por otro lado se encuentra la maleza, de la cual se han identificado hasta 38 especies infestando el cultivo en el periodo comprendido desde la siembra hasta el primer riego de auxilio y cuya competencia con el cultivo puede reducir el rendimiento hasta en un 80 por ciento.

Con el desarrollo de la Ingeniería Genética ha sido posible la transferencia de genes específicos de resistencia a algunas variedades de algodón, tal es el caso de la variedad DP 655 B/RR, que contiene los genes Bollgard® y Roundup Ready® que le confieren resistencia al ataque de lepidópteros y resistencia al herbicida glifosato respectivamente, y cuyo progenitor recurrente es la variedad DP 5690.

A fin de poder utilizar cualquier nueva variedad dentro de un sistema de Manejo Integrado, es necesario conocer su comportamiento agronómico, y

así determinar si se adapta a las condiciones de manejo o se requiere hacer adecuaciones para una región en particular.

Durante mucho tiempo la evaluación de variedades de algodón se ha limitado a comparar el rendimiento y calidad de fibra de los diferentes genotipos. Sin embargo, el análisis del crecimiento permite conocer mediante índices, qué sucede durante el desarrollo de la planta para tener tal o cual rendimiento, y cómo una práctica de manejo en particular afecta la eficiencia fotosintética de una planta, de una comunidad de plantas o bien para evaluar el comportamiento de diferentes variedades bajo las mismas condiciones de manejo

El objetivo principal de este trabajo fue el de caracterizar a la variedad DP 655 B/RR mediante sus índices de crecimiento, bajo la hipótesis de que los genes Bollgard y Roundup Ready no modifican el comportamiento agronómico de la mencionada variedad.

REVISION DE LITERATURA

La tasa de producción de materia seca depende más de la tasa de expansión foliar (Heat y Gregory, 1938) que de la tasa de asimilación neta. Así mismo la tasa de producción de materia seca y el índice de área foliar se asocian positivamente hasta cierto límite (Watson, 1958), después del cual, nuevos incrementos en el área foliar sólo son negativos para la acumulación de materia seca.

Las diferencias en el rendimiento entre cultivares de algodón se debe más a la capacidad asimilatoria de sus órganos reproductivos (Hearn, 1969), que a su capacidad fotosintética. La mayor capacidad rendidora de los cultivares modernos se debe a que envían más carbohidratos hacia los órganos reproductivos que a los vegetativos (Wells y Meredit, 1984), así como a la presencia de un mayor número de órganos fructíferos en la época en que el área foliar se encuentra a su máximo nivel.

El algodónero fue la primera especie en que se trabajó en el área de la Ingeniería Genética (Trolinder, 1995). Para 1995 ya existían variedades transgénicas resistentes a insectos y a herbicidas que estaban muy cerca de ser comercializadas.

La compañía Monsanto ha desarrollado durante mas de 10 años la inserción de genes en algodónero (Wofford, 1995). El primer producto, el gen Bollgard™, obtenido de *Bacillus thuringiensis*, produce una proteína con características de insecticida, que controla el mayor complejo de insectos lepidópteros. La proteína Bt es inofensiva para los insectos benéficos.

La biotecnología y particularmente las variedades transgénicas significan una alternativa para el manejo de plagas más importantes del algodón (Kisser, 1995). Para finales de la década se tendrán variedades que serán significativamente resistentes, sin sacrificar las características agronómicas del valor de la fibra.

Las variedades de algodón Bt estarán al alcance de los productores y éstas sólo tendrán protección contra lepidópteros mas no para plagas secundarias, las cuales deberán ser manejadas en forma convencional dentro de un manejo integrado de plagas (MIP). Con la introducción de variedades transgénicas de algodón Bt el manejo de la resistencia debe ser una prioridad. Existen estudios de laboratorio que han demostrado que los lepidópteros son capaces de desarrollar resistencia a la toxina Bt. (Phillips, 1995)

Uno de los mayores beneficios del algodón Bt es que reducirá el número de tratamientos foliares de insecticida demandados para producir algodón (Layton, 1996). Al hacer menos aplicaciones de insecticidas se presenta una gran oportunidad para utilizar insectos benéficos en contra de las plagas secundarias. Sin embargo, al realizar menos aplicaciones de insecticidas significa también poco control para las otras plagas del algodón. Los productores tienen que ser cautos ya que algunas plagas se incrementarán como resultado de la disseminación de algodón Bt. Es particularmente importante reconocer que esta tecnología no es una cura para todos los problemas de insectos del algodón, sino una parte de un programa integral de manejo de plagas del algodón.

En estudios efectuados en Arizona se encontró que las variedades Bt son extremadamente resistentes a gusano rosado, perforador de la hoja y otros lepidópteros (Watson, 1995). Este resultado es de gran impacto, ya que

permite mayor flexibilidad y mejor manejo de los productos para combatir las plagas que no son lepidópteras.

El glifosato es un herbicida especialmente valioso en el control de la mayoría de las malas hierbas perennes y anuales (Ashton y Crafts, 1981). La aplicación del herbicida no representa ningún riesgo de residualidad debido a que es altamente adsorbido a las partículas de suelo, por lo que las plantas no pueden absorberlo.

Debido a que el glifosato es tóxico, cuando se aplica en post-emergencia sobre los cultivos anuales (Mazur y Falco, 1989), un nuevo enfoque dentro de la Ingeniería Genética es el desarrollo de variedades resistentes al herbicida.

No se presentan efectos negativos en el rendimiento cuando se utiliza glifosato para el control de maleza en aplicación total sobre las variedades resistentes y cuando se realizan las aplicaciones de acuerdo a la dosis y época recomendada (Vot *et al.*, 1997). Se requiere hacer más investigación para determinar si aplicaciones menos restrictivas pueden ser recomendadas después de la etapa de cuarta hoja.

La ventana de aplicación total de glifosato en algodón Roundup Ready puede ser más amplia de lo reportado (Mathews *et al.*, 1997), específicamente en situaciones donde las pérdidas por maleza pueden exceder las pérdidas por los efectos de glifosato sobre el desarrollo reproductivo.

Las variedades actuales de algodón Roundup Ready presentan una respuesta negativa a aplicaciones de glifosato cuando éstas son realizadas después de la etapa de cuarta hoja (Kalahar *et al.*, 1997). La respuesta morfológica a esas aplicaciones no ha sido determinada todavía. El

rendimiento de algodón fue afectado significativamente cuando las aplicaciones de glifosato se realizaron después de la cuarta hoja verdadera. Hubo una reducción significativa en el rendimiento al aplicar glifosato cuando las plantas tuvieron ocho hojas verdaderas y cuando se aplicó al inicio de floración.

Las aplicaciones de glifosato a la octava hoja y primera flor blanca pueden causar aborto de fruto en los nudos más bajos de la planta (Kalaher y Coble, 1998). La planta de algodón tiende a compensar estas pérdidas fructificando en los nudos más altos, lo cual en cambio causa un retraso en la madurez.

Se realizaron estudios de campo para evaluar el efecto de la aplicación total de glifosato sobre variedades de algodón tolerantes al herbicida. En estos estudios todas las variedades tolerantes a glifosato respondieron similarmente a aplicaciones totales retrasadas de glifosato. La información del mapeo de plantas reveló una disminución gradual en la retención de bellotas en los primeros sitios de fructificación conforme las aplicaciones se hicieron después de la etapa de cuarta hoja (Jones *et al.*, 1999). La pérdida de estas primeras estructuras fructíferas no redujo el rendimiento total de fibra. Sin embargo hay un aparente retraso en la madurez como un resultado de las aplicaciones totales tardías de glifosato. Al parecer la aplicación total de glifosato promueve una compensación por la pérdida inicial de fructificación.

El algodón Roundup Ready fue introducido comercialmente en 1997 en 800,000 acres. Cuando se investigó en septiembre, la satisfacción de los productores con la tecnología fue alta. Un pequeño porcentaje de productores reportó la deformación o abscisión de bellotas. Después de investigaciones extensivas de campo se ha determinado que la deformación de bellotas no está

correlacionada al gen Roundup Ready o a aplicaciones de Roundup Ultra™ (glifosato). La abscisión de bellotas puede ser causada por una variedad de factores incluyendo clima, momento de la aplicación de glifosato, colocación y volumen (Heering *et al.*, 1998).

En los años 1995 y 1996 se condujeron cinco experimentos de campo para evaluar la necesidad de aplicar herbicidas residuales al suelo en programas de manejo de algodón Roundup Ready (Isget *et al.*, 1997). En cuatro de los cinco experimentos los rendimientos de algodón en hueso fueron más altos cuando se incluyeron herbicidas residuales. En el otro experimento, el control adecuado de maleza y los máximos rendimientos de algodón se obtuvieron con una sola aplicación postemergente de glifosato. Esto fue atribuido a poca germinación de semilla de maleza durante el ciclo debido a condiciones de sequía.

Durante 1996 se evaluaron 14 variedades Paymaster, junto con las cinco variedades progenitoras recurrentes asociadas. Las variedades Bollgard, Roundup Ready y las variedades con ambos genes tendieron a ser más precoces (Albers *et al.*, 1997), al empezar la fructificación en el mismo nudo que las variedades progenitoras. Las variedades transgénicas rindieron igual o más que las variedades progenitoras.

Se evaluaron varias líneas experimentales de Hartz con los genes Bollgard (BG) y Roundup Ready (RR) (Jenkins *et al.*, 1997) midiendo madurez y rendimiento. HX6250BG, HX6254BGRR, HX6450BG, HX6454BGRR, HX6474BGRR y Deltapine 50 (DP50) fueron estudiadas. Para el 5 de septiembre todas las líneas Hartz fueron significativamente más precoces que Deltapine pero no para el 12 de septiembre. Las líneas Roundup Ready tuvieron el más alto rendimiento de fibra.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación

El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Laguna, ubicado en el Km 17 de la carretera Torreón-Matamoros, en Matamoros, Coahuila, México. Esta localidad se encuentra enclavada dentro de la comarca Lagunera, localizada entre los paralelos 24° 05' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' al oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1,120 m sobre el nivel del mar. Es una zona semiárida con un promedio de precipitación de 242.2 mm anuales.

Diseño de Tratamientos

Los tratamientos estudiados se diseñaron tomando en cuenta diferente número de aplicaciones de glifosato, y se establecieron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones como se indica a continuación:

1. Variedad DP 655 B/RR. Testigo sin aplicación de glifosato ni control de plagas.
2. Variedad DP 655 B/RR. 0.680 kg de glifosato en aplicación total antes de la cuarta hoja verdadera (23 días después de la siembra).
3. Variedad DP 5690. Testigo comercial Progenitor recurrente con control convencional de plagas y maleza.

4. Variedad DP 655 B/RR. Tres aplicaciones secuenciales a una dosis de 0.680 kg de glifosato. 1) Aplicación total antes de la cuarta hoja (23 días después de siembra), 2) Aplicación dirigida al cierre del cultivo (95 días después de la siembra) y 3) Aplicación total en pre cosecha (122 días después de la siembra).
5. Variedad DP 655 B/RR. Dos aplicaciones secuenciales a una dosis de 0.680 Kg de glifosato. 1) Aplicación total antes de la cuarta hoja (23 días después de siembra) y 2) Aplicación dirigida al cierre del cultivo (95 días después de la siembra).
6. Variedad DP 5690. 0.680 kg de glifosato antes de la cuarta hoja (23 días después de la siembra).

La parcela total fue de seis surcos de 15 m de largo y la parcela útil de dos surcos de 6 m de largo (centrales).

Manejo del Cultivo

La siembra se realizó el 13 de abril de 1998 en bordos sencillos separados a 76 cm, el aclareo se realizó a una distancia de 11 cm para tener una población aproximada de 120,000 plantas por hectárea. En la fertilización se aplicaron 160 unidades de nitrógeno y 60 de fósforo, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra y el resto del nitrógeno antes del primer riego de auxilio.

En total se dieron tres riegos de auxilio, el primero a los 56, el segundo a los 77 y el tercero a los 99 días después de la siembra.

Se realizaron dos aplicaciones de insecticidas; la primera el 8 de julio, únicamente sobre el tratamiento con control convencional de plagas y maleza (variedad DP 5690) contra gusano rosado y gusano soldado, aplicando azinfosmetil + Iorsban (2.5 Kg + 1.5 lt/ha); y la segunda a todo el experimento excepto en la parcela 1, contra mosca blanca usando azodrin + thiodan (1.5/ha).

Variables Medidas

Materia Seca

Se realizaron cuatro muestreos destructivos a los 23, 65, 93 y 121 días después de la siembra (dds), tomando dos plantas con competencia completa por repetición, separando la muestra en órganos vegetativos y fructíferos, para después someter las muestras a un proceso de secado en una estufa a 70°C durante 72 horas, y así determinar materia seca total y por tipo de órganos.

Area Foliar

El área foliar se estimó por medio de un muestreo al azar de 50 hojas por repetición, al las que se les determinó el área por medio de plantillas de área conocida, después de secadas las muestras se realizó una regresión lineal de peso seco contra área foliar; una vez obtenidos los coeficientes de regresión para cada parcela se estimó el área foliar para cada muestreo.

Indices de Crecimiento

Los índices evaluados, una vez determinados los valores primarios de peso seco y área foliar fueron: tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa

relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), relación de peso foliar (RPF), índice de área foliar (IAF) y duración de área foliar (DAF). El cálculo de estos índices se basó en las técnicas descritas por Radford en 1967 y por Hunt 1978 y se definen de la siguiente manera:

1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Mide el incremento en biomasa por unidad de superficie ocupada en un intervalo de tiempo dado.

$$TCC = (PS_2 - PS_1)/A(t_2 - t_1), \text{ g/m}^2/\text{día}$$

Donde:

A = Área de terreno en que se determinó el peso seco de las plantas (1m^2).

PS₁ = Peso seco de la muestra 1

PS₂ = Peso seco de la muestra 2

t₁ = Época de muestreo 1 (dds)

t₂ = Época de muestreo 2 (dds)

2. Tasa relativa de crecimiento (TRC). Mide el crecimiento en biomasa en un período dado en relación a la registrada en el tiempo 1 en comparación con la biomasa ganada hasta el tiempo 2. La TRC considera todo el peso seco presente en la planta, en un momento dado, con capacidad para producir materia seca.

$$TRC = (\text{Log}_e PS_2 - \text{Log}_e PS_1)/t_2 - t_1, \text{ g/g/día}$$

Log_e = Logaritmo natural

3. Tasa de asimilación neta (TAN). Expresa la tasa de incremento en peso seco con base en el área foliar presente y en que, el área foliar es un estimador

de la magnitud del aparato fotosintético. La TAN estima la eficiencia fotosintética de una planta o de una comunidad de plantas. En la determinación de la TAN se asume una relación lineal entre el área foliar y el peso seco de la planta.

$$TAN = [(PS_2 - PS_1)/AF_2 - AF_1] * [(Log_e AF_2 - Log_e AF_1)/(t_2 - t_1)], \text{ g/m}^2/\text{día}$$

AF = Area foliar presente en dos intervalos de tiempo dados

4. Relación de área foliar (RAF). Mide la relación entre el área foliar y el peso seco total de la planta. En cierta forma es el índice del tamaño relativo del aparato fotosintético.

$$RAF = (AF/PSAF) * (PSAF/PS), \text{ cm}^2/\text{g}$$

5. Area foliar específica (AFE). Mide la relación entre el área foliar y el peso seco de la misma. En cierta forma es una medida del grosor relativo de las hojas.

$$AFE = AF/PSAF, \text{ cm}^2/\text{g}$$

6. Relación de peso foliar (RPF). Mide la relación existente entre el peso seco del área foliar y el peso seco total de la planta, lo que indica en cierta forma si una planta es más o menos frondosa.

$$RPF = PSAF/PS, \text{ g/g}$$

7. Índice de área foliar (IAF). Es el área foliar por unidad de superficie. Es una expresión de la cantidad de área foliar disponible para la fotosíntesis.

$$IAF = AF/A, m^2$$

8. Duración de área foliar (DAF). Es una medida del tiempo en días o en unidades calor que permanece activo el aparato fotosintético.

$$DAF = (IAF_2 - IAF_1) / (\log_e IAF_2 - \log_e IAF_1), \text{ días}$$

Rendimiento y Precocidad

Se realizaron tres pizcas en los dos surcos centrales de 6 m de largo, a fin de poder eliminar el efecto de orilla, determinándose la precocidad del cultivo expresada como el por ciento de algodón en hueso recolectado en la primera pizca con respecto al total.

Componentes del Rendimiento

Se determinó el índice de semilla expresado como el peso de cien semillas en gramos, la proporción de pluma con respecto al peso seco total del algodón en hueso y el peso del capullo en gramos.

Calidad de Fibra

Los índices de calidad evaluados en el laboratorio fueron: longitud de la fibra en milímetros, resistencia en miles de libras por pulgada cuadrada y finura expresada en índices de micronaire.

Para todas las variables evaluadas se utilizó el SAS (Statistical Analysis System), para hacer los análisis de varianza a un nivel de significancia de 0.05 y se utilizó la prueba DMS para la separación de medias de tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia Seca

Materia Seca Total

Los análisis de varianza para peso seco total por planta (PSTP) no detectaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos a los 23 dds, antes de la primera aplicación de glifosato.

Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos a los 65 dds y 42 días después de la primera aplicación del herbicida, no observándose hasta este momento ningún efecto de esta primera aplicación de Glifosato sobre la variedad DP 655 B/RR, en comparación con la variedad DP 5690 con una aplicación, que acumuló la menor cantidad de materia seca por efectos del herbicida.

La variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato a los 93 dds fue el único tratamiento estadísticamente diferente y con menor cantidad de materia seca acumulada; sin embargo, en la variedad DP 655 B/RR se observó cierto grado de daño por efectos la primera aplicación de herbicida, ya que comparativamente acumuló menor cantidad de materia seca con aplicación que sin aplicación.

La variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones fue el tratamiento que mayor cantidad de materia seca acumuló a los 121 dds y fue estadísticamente superior a todos los demás tratamientos, observándose más claramente en la

Figura 1 que la variedad mencionada acumuló menor cantidad de materia seca en los tratamientos donde se aplicó el herbicida que donde no se aplicó, siendo esto un indicio de que la resistencia no es total a glifosato, ya que la información de materia seca indica que la primera aplicación realizada a los 23 dds fue la más perjudicial, y no hubo diferencia significativa entre el tratamiento con una aplicación y los tratamientos que a los 121 dds tenían dos aplicaciones, considerando también que la segunda aplicación se realizó de manera dirigida.

Los resultados obtenidos para materia seca difieren de lo mencionado por Voth y colaboradores en 1997, quienes reportaron que no se presentan efectos negativos cuando se utiliza glifosato a la dosis y época recomendada sobre las variedades resistentes, tomando en cuenta que cuando se realizó la primera aplicación del herbicida las plantas tenían 3 hojas en promedio.

Peso Seco de Organos Vegetativos

Con respecto al peso seco de órganos vegetativos (PSOV), se detectaron diferencias significativas entre tratamientos a partir de los 65 dds. En la Figura 2 se puede apreciar nuevamente que la variedad DP 655 B/RR sufrió los efectos de la primera aplicación de glifosato, al acumular menor cantidad de peso seco de órganos vegetativos en los tratamientos donde se aplicó el herbicida que donde no se aplicó.

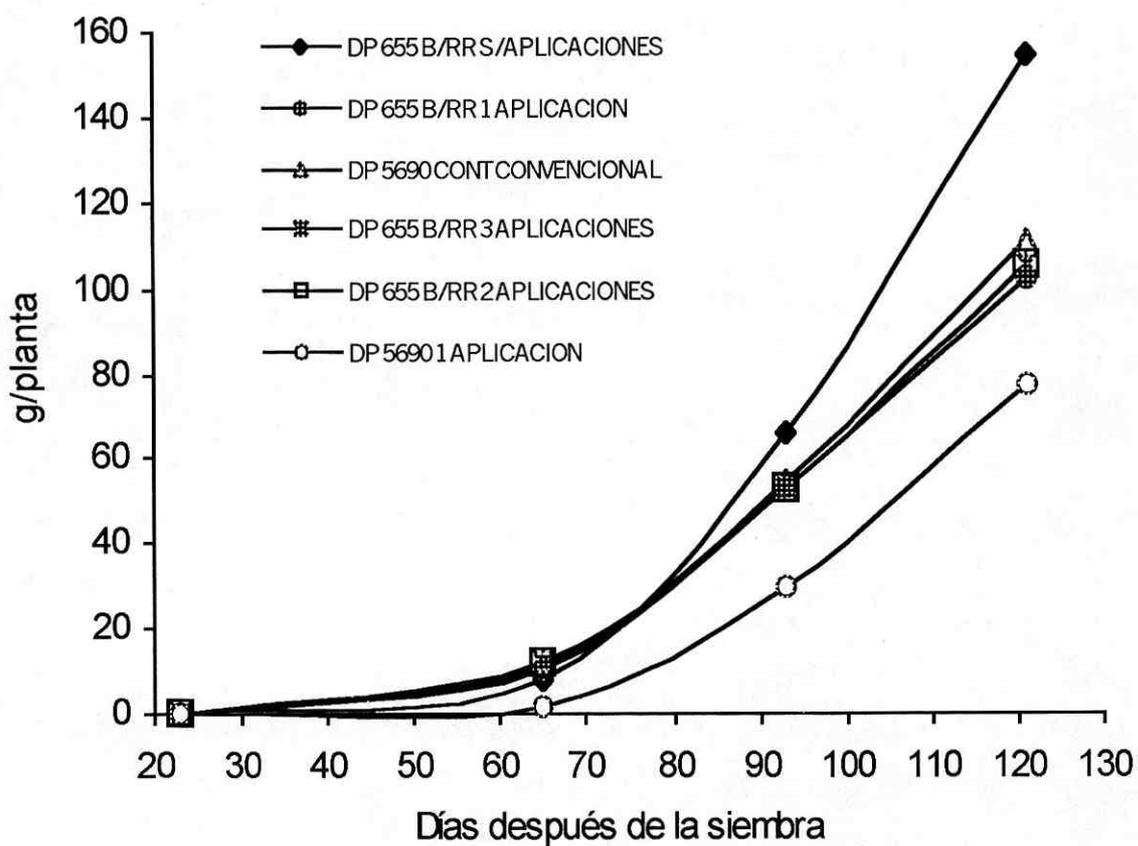


Figura 1. Materia Seca Total de las Variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

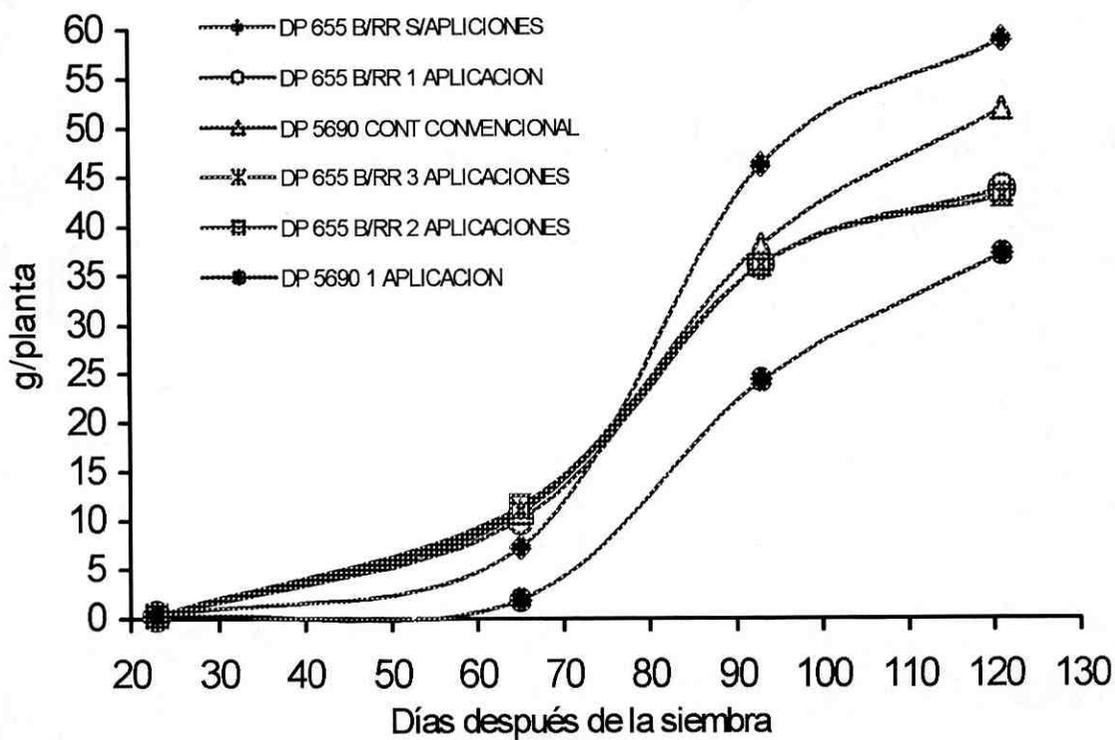


Figura 2. Peso seco de Organos Vegetativos de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Peso Seco de Organos Fructíferos

Para peso seco de órganos fructíferos (PSOF), se detectaron diferencias significativas entre tratamientos a los 65, 93 y 121 dds, observándose que la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones, fue el tratamiento que acumuló mayor cantidad de PSOF, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos (Figura 3); al respecto, Jones y Snipes en 1999 mencionaron que hay una disminución gradual en la retención de bellotas a medida que las aplicaciones son realizadas desde la tercera a la sexta hoja. Sin embargo, Heering y colaboradores (1998) mencionaron que la abscisión de bellotas puede ser causada por una gran variedad de factores, incluyendo clima, momento, dirección y volumen de la aplicación del producto.

Al comparar las Figuras 2 y 3, se observa que la diferencia de materia seca total entre la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones y su progenitor recurrente la variedad DP 5690 con control convencional esta determinada por la diferencia de peso seco de órganos fructíferos entre ambas variedades, ya que no existen diferencias significativas para peso seco de órganos vegetativos. A su vez, la disminución de peso seco de órganos fructíferos en la variedad DP 5690, se debe al daño que sufrió por el ataque de plagas cuyo porcentaje de daño se muestra en el Cuadro 1. En el cuadro mencionado se puede apreciar, como lo mencionó Layton en 1996, que al reducir el numero de aplicaciones de insecticidas sobre las variedades transgénicas Bt hay poco control para plagas secundarias, las cuales pueden ser controladas mediante el uso de insectos benéficos.

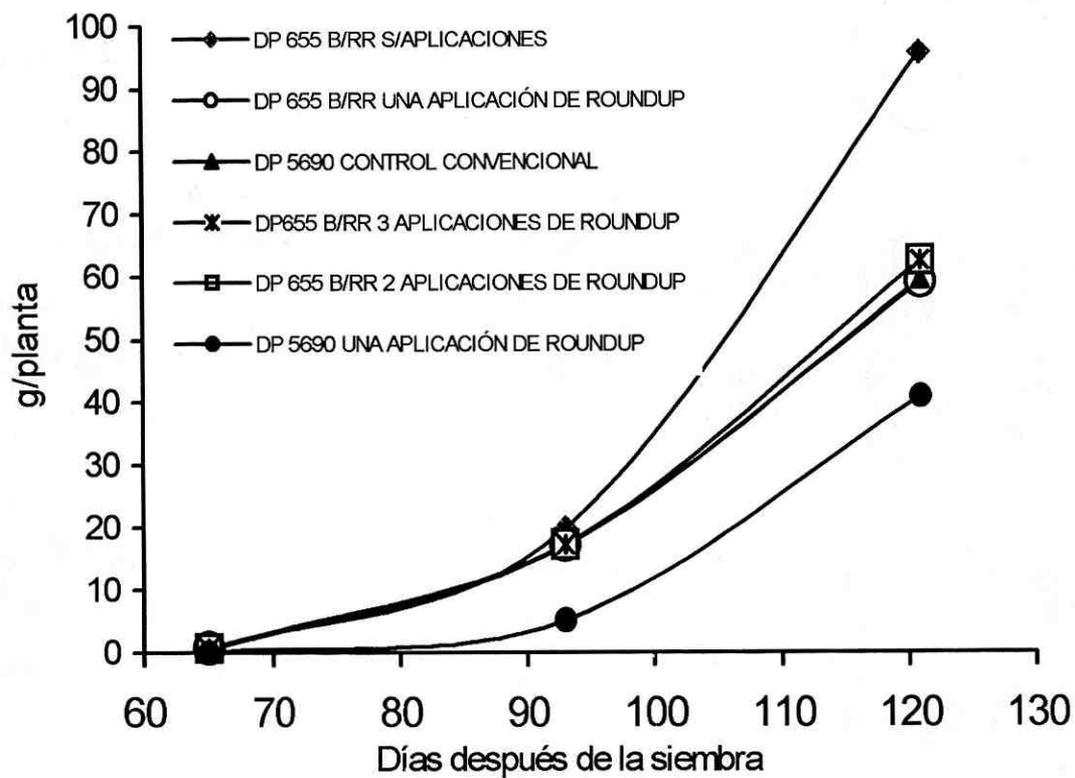


Figura 3. Peso Seco de Organos Fructiferos de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Cuadro 1. Porcentaje de daño por gusano rosado y conchuela de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 a los 121 dds.

Variedad	Daños por rosado (por ciento)	Daños por conchuela (por ciento)	Daños totales (por ciento)
DP 655 B/RR	1.99	6.44	8.43
DP 5690	36.17	1.89	38.06

Asignación de Materia Seca

Los análisis de varianza para la asignación de materia seca a órganos vegetativos y fructíferos detectaron diferencias significativas en los cuatro muestreos realizados como se puede apreciar en el Cuadro 2. En todos los casos, la variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato fue el tratamiento que asignó mayor cantidad de materia seca a órganos vegetativos y menor cantidad de materia seca a órganos fructíferos que los demás tratamientos. En el muestreo realizado a los 121 dds la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones fue el tratamiento que asignó mayor cantidad de materia seca a órganos fructíferos y menor cantidad a órganos vegetativos que los demás tratamientos.

Como una respuesta al daño que sufrió por la aplicación del herbicida la variedad DP 5690 respondió formando estructuras vegetativas, lo que se traduce en un alargamiento en el ciclo y una disminución en la producción.

Con respecto a estos resultados Wells y Meredit en 1984, reportaron que el potencial productivo de los cultivares modernos de algodón se debe a que envían más carbohidratos hacia órganos reproductivos que a los vegetativos. Por su parte Kalaher y colaboradores en 1988, mencionaron que

las aplicaciones de glifosato a la octava hoja y primera flor blanca puede causar aborto de fructificaciones en los primeros nudos y que la planta tiende a compensar las pérdidas fructificando en los nudos más altos, lo cual pudo causar un retraso en la madurez.

Cuadro 2. Asignación de materia seca hacia órganos vegetativos y fructíferos de las variedades de algodón DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato

Tratamiento	Muestreos (dds)					
	65		93		121	
	PSOV	PSOF	PSOV	PSOF	PSOV	PSOF
	Proporción					
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	0.95	0.05	0.70	0.30	0.39	0.61
2. DP 655 B/RR, una aplicación	0.94	0.06	0.68	0.32	0.42	0.58
3. DP 5690, control convencional	0.95	0.05	0.69	0.31	0.47	0.53
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones	0.94	0.06	0.68	0.32	0.41	0.59
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones	0.94	0.06	0.68	0.32	0.41	0.59
6. DP 5690, una aplicación	0.98	0.02	0.83	0.17	0.49	0.51
DMS (0.05)	0.02	0.02	0.08	0.08	0.07	0.07

Indices de Crecimiento

Tasa de Crecimiento del Cultivo

Los análisis de varianza para TCC detectaron diferencias significativas entre tratamientos en el período comprendido de los 23 a los 65 dds, siendo la variedad DP 5690 con una aplicación la que registró el valor más bajo por efecto de la aplicación de glifosato. En este período no se aprecian claramente los efectos del herbicida sobre la variedad transgénica, ya que los

tratamientos donde se aplicó glifosato presentan más alto valor que donde no se aplicó. Entre los 65 y los 93 dds se detectaron diferencias significativas y nuevamente fue la variedad DP 5690 la que registró el valor más bajo de TCC; en este período se observa que la variedad DP 655 B/RR con aplicación de herbicida acumuló menor cantidad de materia seca por unidad de superficie por unidad de tiempo, lo que significa que la TCC se ve afectada por la primera aplicación de glifosato.

De los 93 a los 121 no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3), lo que significa que la segunda aplicación realizada a los 95 dds no afectó a la variedad transgénica por haberse realizado de manera dirigida. En este periodo la variedad DP 5690, tanto con una aplicación de glifosato como con control convencional, estadísticamente acumuló la misma cantidad de materia seca por unidad de tiempo que la variedad transgénica con y sin aplicaciones.

Cuadro 3. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestras (dds)		
	23 - 65	65 - 93	93 -121
	TCC (g/m ² /día)		
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	2.10	24.95	37.79
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	3.01	18.17	21.03
3. DP 5690, control convencional	3.16	18.66	24.02
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones de glifosato	3.31	17.70	22.27
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones de glifosato	3.38	17.59	22.27
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	0.43	11.82	20.62
DMS (0.05)	1.13	6.04	NS

Tasa Relativa de Crecimiento

Con respecto a TRC se detectaron diferencias significativas de los 23 a los 65 dds (Cuadro 4); el único tratamiento estadísticamente diferente y menor que los demás, fue la variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato. De los 65 a los 93 dds se detectaron diferencias significativas y se observó que los tratamientos de la variedad DP 655 B/RR, donde se aplicó el herbicida acumularon menor cantidad de materia seca por unidad de materia seca presente, que el tratamiento donde no se aplicó. En esta etapa la variedad DP 5690 con una aplicación fue la que registró el mayor valor de TRC. De los 93 a los 121 dds no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que en esta etapa las plantas mostraron la misma TRC; por lo que se infiere que la segunda aplicación de glifosato no afectó a la variedad transgénica.

Cuadro 4. Tasa relativa de crecimiento (TRC) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestreos (dds)		
	23 - 65	65 - 93	93 -121
	TRC (g/g/día)		
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	0.08	0.08	0.03
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	0.09	0.06	0.02
3. DP 5690, control convencional	0.09	0.06	0.03
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones de glifosato	0.09	0.05	0.02
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones de glifosato	0.09	0.05	0.02
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	0.04	0.10	0.03
DMS (0.05)	0.01	0.01	NS

Tasa de Asimilación Neta

En cuanto a TAN los análisis de varianza detectaron diferencias significativas entre tratamientos de los 23 a los 65 dds, en este período la variedad DP 655 B/RR con aplicación presentó más altos valores de TAN que donde no se aplicó, lo que indica y confirma que en este periodo aun no se mostraban claramente los efectos de la primera aplicación del herbicida (Cuadro 5).

De los 65 a los 93 dds se detectaron diferencias significativas y la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones y DP 5690 con una aplicación registraron los mayores valores de TAN, al considerar el peso seco inicial de cada uno de ellos, pero en términos absolutos fue mayor la producción de materia seca de la variedad transgénica que no recibió glifosato.

De los 93 a los 121 dds no hubo diferencias significativas para TAN, lo que indica que durante este periodo la eficiencia del aparato fotosintético de la variedad DP 655 B/RR es igual a la de DP 5690, y la segunda aplicación no afectó la eficiencia de DP 655 B/RR.

Relación de Area Foliar

En lo que respecta a RAF el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre tratamientos en los cuatro muestreos realizados (Cuadro 6). En todos los casos la variedad DP 5690 con una aplicación registró los valores de RAF más altos, lo que indica que el tamaño relativo del aparato fotosintético de la mencionada variedad fue estadísticamente superior al de los demás. De donde se infiere que la aplicación de glifosato sobre la variedad DP 5690 promovió el desarrollo de plantas con follaje abundante, en detrimento de la producción de órganos fructíferos.

Cuadro 5. Tasa de asimilación neta (TAN) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestreos (dds)		
	23 - 65	65 - 93	93 -121
	TAN (g/m ² /día)		
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	14.34	20.43	13.50
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	18.06	15.99	10.28
3. DP 5690, control convencional	18.14	16.89	11.52
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones de glifosato	17.34	15.11	10.37
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones de glifosato	16.22	15.11	10.37
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	6.31	20.35	9.42
DMS (0.05)	3.63	4.72	NS

Cuadro 6. Relación de área foliar (RAF) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestreos (dds)			
	23	65	93	121
	RAF (cm ² /g)			
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	64.41	51.34	32.53	16.87
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	60.80	45.51	30.85	17.58
3. DP 5690, control convencional	55.31	43.93	29.00	17.59
4. DP 655 B/RR, tres aplicación de glifosato	61.08	47.46	30.85	18.25
5. DP 655 B/RR, dos aplicación de glifosato	59.64	45.18	30.85	18.25
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	66.24	60.34	43.66	29.81
DMS (0.05)	5.54	3.58	2.91	3.62

Area Foliar Específica

En cuanto a AFE todos los tratamientos se comportaron estadísticamente diferente, sobresaliendo también la variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato. De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 7 la aplicación de glifosato provocó efectos contrarios en la variedad transgénica y en la convencional ya que en la variedad DP 655 B/RR la primera aplicación de glifosato, a los 23 dds provocó un engrosamiento de las hojas, según los valores de AFE obtenidos, y la aplicación posterior no tuvo ningún efecto en el tamaño y grosor de las hojas; Por otra parte en la variedad convencional la aplicación de glifosato incrementó el valor de AFE, de lo cual se deduce que el glifosato reduce el grosor de la hoja y esta tiende a ser más grande.

Bajo las mismas condiciones la variedad transgénica sin aplicación mostró valores de AFE superiores a los obtenidos por DP 5690 con control convencional, de lo cual se infiere que las hojas de esta ultima son más gruesas que las de las de DP 655 B/RR.

Relación de Peso Foliar

Con respecto a RPF no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos a los 23 dds (Cuadro 8). En los tres muestreos subsecuentes se detectaron diferencias estadísticas, y en todas ellos la variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato registró los valores más altos de RAF, indicando con esto que las plantas del mencionado tratamiento fueron más frondosas.

Cuadro 7. Area foliar específica (AFE) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestras (dds)			
	23	65	93	121
	AFE (cm ² /g)			
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	95.48	95.48	95.48	95.48
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	89.68	89.86	89.86	89.86
3. DP 5690, control convencional	81.69	81.69	81.69	81.69
4. DP 655 B/RR, tres aplicación de glifosato	90.42	90.43	89.86	90.43
5. DP 655 B/RR, dos aplicación de glifosato	87.46	87.46	89.86	90.43
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	97.30	97.30	97.30	97.30
DMS (0.05)	0.007	0.003	0.001	0.001

Cuadro 8. Relación de peso foliar (RPF) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestras (dds)			
	23	65	93	121
	RPF (g/g)			
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	0.67	0.53	0.34	0.18
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	0.67	0.51	0.34	0.19
3. DP 5690, control convencional	0.68	0.54	0.36	0.22
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones	0.67	0.52	0.34	0.20
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones	0.68	0.52	0.34	0.20
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	0.68	0.62	0.45	0.30
DMS (0.05)	NS	0.04	0.03	0.04

Indice de Area Foliar

Los análisis de varianza no detectaron diferencias para índice de área foliar a los 23 dds (Cuadro 9). A los 65 dds la variedad DP 5690 con una aplicación fue el tratamiento que presentó el menor valor de IAF debido a daño causado por la aplicación de glifosato. A los 93 dds nuevamente el mismo tratamiento fue el de más bajo valor de IAF y a los 121 dds la variedad DP 655 B/RR con una aplicación de glifosato fue el tratamiento de menor IAF y el de mayor IAF fueron las variedades DP 655 B/RR sin aplicación y DP 5690 con una aplicación, indicando con esto una recuperación de esta variedad y que la primera aplicación fue la más perjudicial para los tratamientos a los que se les aplicó más de una.

Cuadro 9. Índice de área foliar (IAF) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestras (dds)			
	23	65	93	121
	IAF			
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	0.02	0.47	2.53	3.08
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	0.02	0.59	1.96	2.16
3. DP 5690, control convencional	0.02	0.60	1.90	2.34
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones	0.02	0.66	1.96	2.30
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones	0.02	0.66	1.96	2.30
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	0.03	0.13	1.53	2.74
DMS	NS	0.22	0.43	0.84

Duración de Area Foliar

En lo que respecta a duración de área foliar se detectaron diferencias de los 23 a los 65 dds, en este período la variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato fue el único tratamiento estadísticamente diferente e inferior a los demás tratamientos, lo que indica que su aparato fotosintético permaneció activo por menor tiempo. De los 65 a los 93 nuevamente la misma variedad fue el único tratamiento diferente e inferior. De los 93 a los 121 dds la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones fue el único tratamiento diferente y estadísticamente superior a los demás indicando que el aparato fotosintético de este tratamiento permaneció activo por mayor tiempo que en los demás en este periodo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Duración de área foliar (DAF) de las variedades DP 655 B/RR y DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Muestreos (dds)		
	23 - 65	65 - 93	93 -121
	DAF (días)		
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	4.73	45.09	77.18
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	5.48	42.15	57.49
3. DP 5690, control convencional	5.75	41.47	59.08
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones de glifosato	6.18	44.24	59.35
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones de glifosato	7.14	44.24	59.35
6. DP 5690 , una aplicación de glifosato	2.31	21.35	57.80
DMS (0.05)	1.80	10.17	11.76

Rendimiento y Precocidad

El análisis de varianza para rendimiento de algodón en hueso en kg por hectárea detectó diferencias significativas entre tratamientos, la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones fue el tratamiento con mayor rendimiento y el de menor rendimiento fue la variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato (Cuadro 11). En la variedad transgénica sólo se detectaron diferencias entre el tratamiento sin aplicación y el tratamiento con tres aplicaciones de glifosato, lo que indica que las aplicaciones realizadas en precosecha afectan el rendimiento de la variedad DP 655 B/RR.

Aunque no se detectaron diferencias significativas entre la variedad transgénica y la convencional, la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones superó en 16 por ciento a la variedad DP 5690 con control convencional equivalente a 617 Kg de algodón en hueso por hectárea, como se mencionó anteriormente la diferencia en acumulación de materia seca entre ambas variedades esta determinada por la diferencia en pesos seco de órganos fructíferos en tanto que la diferencia de peso seco de órganos fructíferos se debió al ataque de plagas que sufrió la variedad convencional demostrándose con esto la resistencia de la variedad transgénica al ataque de lepidópteros

Los resultados de rendimiento de la variedad DP 655 B/RR con tres aplicaciones coinciden con lo reportado por Kalaher en 1997 quien mencionó que el rendimiento de algodón fue afectado significativamente cuando las aplicaciones de glifosato se realizaron después de la etapa de cuarta hoja.

Se detectaron diferencias significativas para precocidad expresada como la proporción de algodón en hueso cosechado en la primera pizca con respecto al total, se puede apreciar en el Cuadro 11 que la variedad DP 655 B/RR con tres aplicaciones de glifosato fue el tratamiento de mayor porcentaje

de precocidad, mientras que el de menor porcentaje fue la variedad DP 5690 con una aplicación de glifosato. No se detectaron diferencias significativas en los tratamientos de la variedad transgénica con aplicaciones de glifosato, sin embargo este tipo de tratamientos superó en precocidad a la variedad DP 5690 con control convencional; lo cual indica que las aplicaciones de glifosato aceleran la maduración en la variedad transgénica ya que no se detectaron diferencias significativas entre la variedad DP 655 B/RR sin aplicación y la variedad DP 5690 con control convencional.

Cuadro 11. Rendimiento y precocidad de las variedades DP 655 B/RR y su progenitor recurrente DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Alg. en hueso (kg/ha)	Precocidad (por ciento)
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	4283	77
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	3787	87
3. DP 5690, control convencional	3666	67
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones	3059	88
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones	4071	86
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	1505	51
DMS (0.05)	1197	17

Componentes del Rendimiento

Índice de Semilla

Para índice de semilla expresado como el peso de cien semillas en gramos se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 12), observándose el valor más bajo de este índice en la variedad DP 655 B/RR con

tres aplicaciones, lo que indica que la primera aplicación realizada a los 23 dds y la tercera realizada en precosecha influyeron en el peso de la semilla y por lo tanto en el rendimiento total. No se detectaron diferencias significativas para índice de semilla entre la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones y la variedad DP 5690 con control convencional.

Proporción de Pluma

En cuanto a proporción de pluma no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual indica que los genes Bollgard y Rounup Ready no modifican el porcentaje de pluma en la variedad transgénica y que no hay respuesta a las aplicaciones de glifosato para este índice.

Peso de Capullo

Para peso de capullo se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. En el cuadro antes mencionado se observa que el mayor peso de capullo fue para la variedad DP 5690 con control convencional, sin embargo al producir menor cantidad de capullos por los daños de plagas su rendimiento fue menor que la variedad DP 655 B/RR sin aplicaciones. En este mismo cuadro se observa que la aplicación de glifosato redujo el peso de capullo, siendo más notorio en la variedad DP 5690 con una aplicación.

Calidad de Fibra

En lo que respecta a los índices de calidad no se detectaron diferencias significativas para longitud expresada en milímetros, en cambio para resistencia expresada en miles de libras por pulgada cuadrada se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo menor la resistencia en la variedad convencional que la variedad transgénica. Para

finura expresada en índices de micronaire no se detectaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 12. Componentes del rendimiento de las variedades DP 655 B/RR y su progenitor recurrente DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Índice de Semilla (g)	Proporción de pluma (%)	Peso de Capullo (g)
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	9.55	37.25	5.18
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	9.70	35.80	4.35
3. DP 5690, control convencional	8.90	37.85	5.60
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones de glifosato	8.65	37.45	4.65
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones de glifosato	9.10	38.38	4.98
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	9.25	37.10	4.08
DMS (0.05)	0.72	NS	0.88

Cuadro 13. Calidad de fibra de la variedad DP 655 B/RR y su progenitor recurrente DP 5690 bajo diferentes tratamientos de glifosato.

Tratamiento	Longitud (mm)	Resistencia (lb/pulg ²)*1000	Finura
1. DP 655 B/RR, sin aplicaciones	28.7	94	4.4
2. DP 655 B/RR, una aplicación de glifosato	28.7	93	4.5
3. DP 5690, control convencional	28.7	86	4.6
4. DP 655 B/RR, tres aplicaciones de glifosato	28.7	89	4.4
5. DP 655 B/RR, dos aplicaciones de glifosato	28.2	92	4.6
6. DP 5690, una aplicación de glifosato	27.9	90	4.5
DMS (0.05)	NS	4	NS

CONCLUSIONES

- Los índices de crecimiento de la variedad DP 655 B/RR son muy similares a los de la variedad DP 5690 hasta el inicio de fructificación, después de esta etapa la variedad transgénica supera a la variedad convencional lo cual se atribuye a la incidencia de plagas sobretodo de gusano rosado que se da en esta ultima.
- Basado en los resultados de control de plagas se concluye que el gen Bollgard confiere resistencia a la variedad DP 655 B/RR al ataque de lepidópteros, con rendimiento superior y con índices de calidad similares a los de la variedad DP 655 5690.
- Al aplicar glifosato antes de la etapa de cuarta hoja provoca una disminución en los valores de los índices de crecimiento, que influyen en la acumulación de materia seca con la consecuente disminución en el rendimiento de la variedad DP 655 B/RR.
- Aunque la variedad DP 655 B/RR puede sufrir daños parciales por la aplicación de glifosato, puede ser muy buena alternativa sobre todo en situaciones donde las perdidas por la competencia de la maleza pueden exceder las perdidas por efectos del herbicida.
- Dependiendo de los niveles de infestación de maleza se puede decidir entre hacer una aplicación total de glifosato antes de la cuarta hoja, una aplicación dirigida al cierre del cultivo o una aplicación total en precosecha,

que a la vez esta ultima puede servir para acelerar la maduración. Este tipo de información se puede confirmar con más investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Albers, D. W., C. Williams, and J. Mitchell,. 1997 Fruiting Paterns, Maturity, and Yield of Bollgard and Roundup Ready Cotton Varieties. Beltwide Cotton Conferences. January 6-10 New Orleans LA. Pp. 411
- Asthan, F.M. and A.S. Crafts. 1981 Mode of action of herbicides. 2nd. Ed. Wiley and Son Inc New York pp 236-253.
- Hearn, A.B. 1969. The Growth and Performance of Cotton in a Desert Environment II. Dry Matter Production. J. Agric. Sci. Camb. 73:75-86.
- Heat, O., V.S., Gregory, F.G. 1938. The Constancy of the Mean Net Assimilation Rate and its Ecological Importance. Ann. Bot. N.S. 2:811-118.
- Heering, D. C., R. D. Voth., K. Ferreira, J. A. Mills. 1998. Commercial Experience With Roundup Ready Cotton in 1997. Beltwide Cotton Conferences. January 5-9 San Diego, CA. Pp. 851.
- Hunt, R. 1978. Plant Growth Analysis. The Institute of Biology. Studies in Biology No. 96. Edward Arnold (publishers). Limited 67 pp.
- Isgett, T. D., E. C. Murdock, and A. Keeton. 1997. Weed Control in Roundup Ready Cotton. Beltwide Cotton Conferences. January 6-10 New Orleans LA. Pp. 782.
- Jenkins, J.N., J. C. McCarty Jr. 1997. Fruiting Paterns, Maturity, and Yield of Bollgard and Roundup Ready Cotton Varieties. Beltwide Cotton Conferences. January 6-10 New Orleans LA. Pp. 411.
- Jones, M. A. and C. E. Snipes. 1999. Tolerance of Transgenic Cotton to Topical Applications of Glifosate. The Journal of Cotton Science 3: 19-26.
- Kalaher, C.J. and H. D. Coble. 1998. Fruit Absicion and Yield Response of Roundup Ready Cotton to Topical Aplications of Glifosate. Pp 849 Beltwide Cotton Conferences. January 5-9 San Diego, CA. Pp. 849.

- Kalaher, C.J., H. D. Coble and A.C. York 1997. Morphological Effects of Roundup Application Timing on Roundup Ready™ Cotton. Beltwide Cotton Conferences. January 6-10 New Orleans, LA. Pp. 780.
- Kisser, J. 1995. Transgenic Cotton Products from Stoneville. P. 169. 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.
- Mathews, S.G., P. Brawley, T.C. Muller and R.M. Hayes 1997. What Happens When Roundup Ready Cotton is Sprayed With Roundup After the Four Leaf Stage. Beltwide Cotton Conferences. January 6-10. New Orleans LA. pp. 779.
- Mazur, B.J. and S.C. Falco. 1989. The Development of Herbicide Resistant Crops Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 40:441-470.
- Phillips, J.R. 1995. Insect Management Considerations in a Bt Cotton Production System. p. 175-176. Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio, Tx.
- Radford, P.J. 1967. Growth Analysis Formulae, Their Use And Abuse. Crop Sci. 7:171-175.
- Trolinder, N.L. 1995 How to Genetically Engineer Cotton. P. 165. Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio, Tx.
- Voth, R. D., J.A. Mills and, P.R. Rahn 1997. Roundup Ready Cotton Tolerance to Roundup Ultra (glyphosate) Herbicide. Beltwide Cotton Conferences.
- Watson, D.J. 1958. The Dependence of Net Assimilation Rate on Leaf Area Index. Ann. Bot. London N.S. 22:37-54.
- Watson, T.F. 1995. Impact of Transgenic Cotton on Pink Bollworm and other lepidopterns Insects. P. 759. Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio, Tx.
- Wells, R. And W.R. Meredith Jr 1984. Comparative Growth of Obsolete and Modern Cotton Cultivars. II. Reproductive Dry Matter Partitioning. Crop Sci. 24:863-868.
- Wofford, T. 1995. Transgenic Cotton Variety Plants. P. 168 Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio, Tx.