

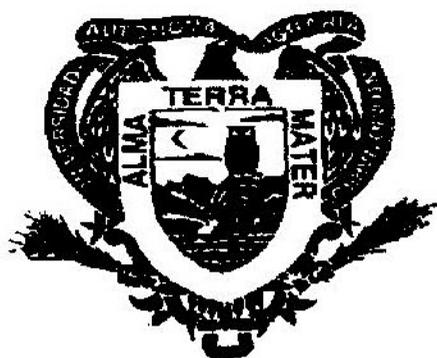
**DISTRIBUCION DE BIOMASA E INDICES DE CRECIMIENTO
EN ALGODON: I. EN VARIETADES CONVENCIONALES
Y TRANSGENICAS, Y II. EN DOSIS DE NITROGENO**

JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2005

**DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA E ÍNDICES DE
CRECIMIENTO EN ALGODÓN: I. EN VARIEDADES
CONVENCIONALES Y TRANSGÉNICAS, Y II. EN DOSIS
DE NITRÓGENO**

JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
Subdirección de Postgrado**

**Torreón, Coahuila
Diciembre de 2005**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA E ÍNDICES DE CRECIMIENTO EN ALGODÓN:
I. EN VARIEDADES CONVENCIONALES Y TRANSGÉNICAS, Y II. EN
DOSIS DE NITRÓGENO**

TESIS

POR

JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL

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

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:



Dr. Arturo Paldino Gil

Asesor:

Dr. Salvador Godoy Ávila

Asesor:



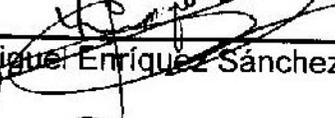
Dr. David G. Reta Sánchez

Asesor:

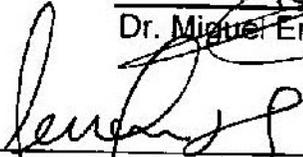


Dr. José Luis Puente Manríquez

Asesor:



Dr. Miguel Enríquez Sánchez



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado



M. C. Gerardo Arellano Rodríguez
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón, Coahuila, Diciembre de 2005.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, Por darme la vida y enseñarme a valorar cada instante que existe en ella.

Al Doctor Arturo Palomo Gil, Por haberme guiado con su enseñanza y amistad en la Investigación y estudios de Postgrado.

A mis maestros, por hacer de mí un profesionalista, por despejar las dudas que en algún momento sentí, por apoyarme y motivarme siempre hacia la superación personal.

A mis compañeros, Pablo Yescas Coronado y José Eligio Sánchez Hernández, por brindarme su amistad y sus palabras de apoyo durante este doctorado.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Al COSNET, por el apoyo económico brindado para la realización de este doctorado.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, y al MC. Juan Jaime Guerrero Martínez por el valioso apoyo recibido para la realización de mis estudios doctorales.

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica por su valioso apoyo al considerarme en el programa de obtención de grado.

Al Instituto Tecnológico Agropecuario No.10 y su Director ING. Nathanael Flores, por apoyarme y permitirme lograr un escalón más en mi superación personal.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme acogido en estos años y dirigir mi superación profesional permitiéndome escalar un peldaño más en mi vida profesional.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores, MC. José Jaime Lozano García y MC. Gerardo Arellano Rodríguez por su valioso apoyo y amistad para este logro de superación.

A la Sra. Ma. Esther Peña Revuelta por su apoyo durante mi estancia en el doctorado.

DEDICATORIAS

A mi Madre y Abuelita:

Elizabeth Obdulia Vidal Hernández y Catalina Hernández Domínguez.

Por creer y confiar en mí, por regalarme la mejor herencia que una madre puede dar a sus hijos, el estudio, por estar a mi lado en los momentos más importantes de mi vida, por representar lo más valioso en la vida la dignidad, el carácter, la fortaleza y el respeto y por hacer de mí un buen hombre.

A mi esposa:

Maria de Lourdes Pineda Martínez, por ser mi compañera de vida y levantarme en los momentos más difíciles con palabras de aliento y cariño por esperar mis ausencias y valorar mis proyectos, por soportar las dificultades y compartir los éxitos.

A mis hijos:

Jorge Antonio, Karen Guadalupe y Norma Angélica Orozco Pineda, por ser mi objetivo de inspiración, por sus besos, caricias y sonrisas que me han levantado tantas veces el ánimo de seguir adelante, por esperar pacientemente mis ausencias y por emprender juntos esta odisea.

A mis hermanos:

Sandra Luz y Fidel Raúl Orozco Vidal, por su ejemplo ante los retos, sus consejos y apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis padres:

Lino Vidal Barrera (+), Austreberto Vidal Hernández (+), Rogelio Vidal Hernández (+) y Elizabeth Caballero de Vidal (+).

Por su luz de guía que me lleva a encontrarme en esos momentos difíciles, por sus valiosos consejos que me forjaron como un hombre responsable y por los valores que me inculcaron. **¡Gracias por ayudarme y protegerme!**

A mis madres y primos:

Rosita y Socorro, Rosa Maria, José Antonio, Rogelio, Juan Carlos, Amado, Mónica, José Luis, Pavel, Adriana y Cinthia, por ese cariño incondicional y ejemplo de vida así como por sus palabras de aliento para los logros en mi vida.

A mis suegros y cuñados:

Maria Guadalupe Rojas M, Cuauhtémoc Pineda Sánchez, Gloria, Mario, Pedro, Carmen y Alfredo, por permitirme ser parte de su familia, por el apoyo y cariño recibido incondicionalmente.

¡VA POR USTEDES!

COMPENDIO

Distribución de Biomasa e Índices de Crecimiento en Algodón: I. En variedades convencionales y transgénicas, y II. En dosis de Nitrógeno.

por

Jorge Arnaldo Orozco Vidal

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" Unidad Laguna

TORREÓN, COAHUILA, DICIEMBRE 2005

Dos experimentos fueron realizados en el campo experimental de la Universidad Autónoma Antonio Narro. El objetivo del experimento I. Fue conocer la dinámica de acumulación de materia seca y la distribución de la misma en dos variedades de hoja normal (CIAN Precoz y la transgénica NuCOTN 35B) y una de hoja okra (Fiber Max 832). El objetivo del experimento II. Fue conocer el efecto de tres dosis de nitrógeno (0, 80 y 160 kg ha⁻¹) sobre la dinámica de acumulación, producción total y distribución de materia seca en la

variedad de algodón NuCOTN 35B. En ambos casos los tratamientos fueron colocados en un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones.

La siembra se realizó en un sistema de producción de surcos estrechos (0.75 m de distancia) y un espaciamiento entre plantas de 0.20 m para obtener 65000 plantas ha⁻¹.

Para medir la producción de materia seca, en ambos experimentos, se realizaron cuatro muestreos destructivos realizados a los 69, 82, 105 y 124 días después de la siembra (dds), en cada muestreo se tomaron dos plantas por parcela para determinar el área foliar y la materia seca de hojas, tallos y frutos.

Los datos obtenidos fueron usados para estimar la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y relación de peso foliar (RPF).

Los resultados del análisis de varianza en el primer experimento mostraron diferencias estadísticas significativas entre fechas de muestreo, pero no en la producción y distribución de biomasa entre variedades. Así como en el tamaño del aparato fotosintético ni en la eficiencia fotosintética entre variedades.

Todas las variedades mostraron valores similares de relación de peso foliar (RPF) lo que significa que envían el mismo porcentaje de fotoasimilados a su estructura foliar.

Los resultados del análisis de varianza del segundo experimento no mostraron diferencias estadísticas entre dosis de nitrógeno; Por lo que la cantidad de nitrógeno aplicado no afectó la producción de biomasa total, distribución en la planta ni la eficiencia fotosintética estimada como TCC y TAN.

Los valores de RAF, AFE y RPF mostraron que las plantas desarrollaron un tamaño similar de aparato fotosintético en todas las dosis de nitrógeno.

La razón principal de la falta de respuesta a las dosis de nitrógeno es el alto contenido de materia orgánica (2.03 %) en el sitio experimental donde se realizó el experimento.

ABSTRACT

Biomass Distribution and Cotton Growth indexes: I. In Conventional and transgenic cotton varieties, and II. In N rates.

by

Jorge Arnaldo Orozco Vidal

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" Unidad Laguna

TORREÓN, COAHUILA, DICIEMBRE 2005

Two experimental works were carried out at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro experimental station. The objective of experiment I. Was to know the plant dry matter accumulation dynamics and plant dry matter distribution of two normal leaf cotton varieties (CIAN Precoz and the transgenic NuCOTN 35^B) and one okra leaf variety (Fiber Max 832). The objective of experiment II. Was to know the effect of three nitrogen (N) dosages (0, 80 and 160 kg ha⁻¹) on plant dry matter accumulation dynamics and total plant dry matter production and distribution in the NuCOTN 35^B cotton variety. In both cases treatments were allocated in a completely random blocks experimental design with six replications. Planting was made in a narrow row production system (rows 0.75 m apart) with a plant spacing of 0.20 m to get 65000 plants

ha⁻¹ . To measure plant dry matter production in both experiments, four destructive plant samples were taken at 69, 82, 105 and 124 days after planting (DAP). Two plants by plot were taken at each sampling date to measure leaf area and leaf, shoot and fruit dry matter. The data obtained were used to estimate crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (LWR). Analysis of variance results of the first experiment, showed statistically significant differences among sampling dates but there were not differences in biomass production or distribution among varieties. There were not photosynthetic apparatus size, and photosynthetic efficiency differences among varieties. All varieties showed similar LWR values, which means these varieties send the same photo assimilated percentage to their foliar structure.

Analysis of variances results of the second experiment did not showed statistically significant differences among N dosages. So the amount of N applied did not affected the total biomass production or distribution nor the plant photosynthetic efficiency, estimated as CGR and NAR. LAR, SLA and LWR values showed plants developed a similar apparatus photosynthetic size at all N rates. The main reason of the lack of response to N rate, is the high organic material content (2.03 %) of the experimental site where the work was conducted.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Origen citogenético y especies del cultivo de algodón	5
Condiciones ecológicas del cultivo	6
Temperatura	6
Fotoperiodo	7
Altitud	7
Latitud	7
Suelo	8
Calidad del Cultivo	8
Variedades empleadas en la Región	9
CIAN Precoz	9
Fiber Max	10
Delta Pine	10
NuCOTN 35B	10
Esenciabilidad del Nitrógeno	12
Biomasa e Índices de Crecimiento	14

ARTÍCULO I. Producción y Distribución de Biomasa de Variedades de Algodón con hoja normal y tipo Okra	18
ARTÍCULO II. Dosis de Nitrógeno y su efecto sobre la producción y Distribución de Biomasa del Algodón Transgénico	37
LITERATURA CITADA	57
APÉNDICE	62
Anexo1. Carta de recepción del Artículo I enviado a la revista Fitotecnia Mexicana	63
Anexo2. Carta de recepción del Artículo II enviado a la revista TERRA Latinoamericana	64

INTRODUCCIÓN

El cultivo del algodón ha tenido una participación muy significativa en el desarrollo económico y social, tanto en el ámbito mundial como nacional.

Este cultivo proyectó a la Comarca Lagunera como una de las zonas agrícolas más importantes del país, lo cual en la actualidad aún conserva, pero por ser una de las cuencas lecheras más importantes del País. El cultivo del algodón llegó a ser, si no el mas importante, sí uno de los principales cultivos que se establecieron en la región hasta el año de 1990. El cultivo del algodón en esta región constituye una fuente económica muy importante de mano de obra, tanto en el campo como en las industrias de agroquímicos y textil. Su importancia también radica en la generación de divisas por la exportación de la fibra y de productos elaborados. En 1998 ocupó el tercer lugar en superficie cosechada con 17759 ha y el primer lugar en valor de producción con 348147800 pesos que equivalió a 38% del valor total de producción de los cultivos anuales del ciclo primavera - verano.

El rendimiento del cultivo de algodón es influenciado por el desarrollo y distribución de materia seca a cada uno de los órganos de la planta, así como por su eficiencia fotosintética, por lo que indicadores del crecimiento, como tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN), y del tamaño del aparato fotosintético, como relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), etc., son de gran utilidad para conocer cómo el ambiente o

una práctica de manejo del cultivo afecta la eficiencia fotosintética de las plantas. Sin embargo, existen pocos estudios al respecto, la mayoría de ellos son muy antiguos y se han conducido con genotipos frondosos y de ciclo largo (indeterminado), hoy obsoletos y que originalmente fueron desarrollados para sistemas de producción en que se utilizaban surcos amplios, de 0.90 a 1.00 m (Mohamad *et al.*, 1982). En la actualidad se cultiva el algodón en el sistema de producción conocido como de surcos estrechos, donde la distancia entre surcos es de 0.76 m.

Las nuevas variedades de algodón son de menor estructura vegetativa y más precoces que las variedades cultivadas hasta antes de 1990. Una de las nuevas variedades (Fiber Max 832) posee hoja tipo okra que difiere de las variedades con hoja normal en que sus lóbulos son más pronunciados y delgados, razón por la cual se le conoce como "mano de chango". A las variedades con hoja okra se les clasifica como de "dosel abierto" porque permiten el paso de la radiación solar y el movimiento del aire hasta las partes más bajas del dosel que las variedades de hoja normal. El mayor movimiento del aire dentro del dosel, permite un mayor intercambio y disponibilidad de CO₂ (Meredith, 1984).

El crecimiento y rendimiento del algodón, al igual que la mayoría de las especies cultivadas, muestra alta dependencia al nitrógeno (N) y al agua durante su ciclo biológico. El N es el nutrimento más crítico en un programa de fertilización en virtud de que es esencial para un desarrollo óptimo del cultivo,

pero hay que evitar excesos que puedan ocasionar serios problemas de manejo del cultivo, y pérdidas en la producción. McConnell *et al.* (1989) enfatizan que la sobrefertilización produce plantas con gran crecimiento vegetativo sin que esto se refleje en el rendimiento, además de que se incrementan las probabilidades de que se pierda el N del sistema suelo – planta. Dosis altas de N también impactan negativamente el ambiente ya que aumentan la contaminación de aire, suelo, plantas y acuíferos (Wojcij, 2001).

La dosis óptima de N está determinada por muchas variables ambientales como el clima, tipo de suelo, variedad, fertilidad residual, humedad disponible, plagas, etc., (Gaylor *et al.*, 1983; McConnell *et al.*, 1989). Entre 1960 y 1970, en la Comarca Lagunera se realizaron numerosos estudios para determinar la dosis óptima de fertilización nitrogenada para el cultivo del algodón, la cual se situó en 120 a 150 Kg de N ha⁻¹. Como estos estudios se realizaron con variedades más frondosas y de ciclo más largo que las variedades actualmente cultivadas, a partir de 1992 se reanudaron las investigaciones sobre fertilización nitrogenada de las cuales se concluyó que las nuevas variedades solo requieren de 80 Kg de N ha⁻¹ para mostrar su potencial productivo (Palomo *et al.*, 1999, 2003).

El rendimiento de algodón depende en gran proporción de la cantidad de biomasa producida y de la eficiencia con que ésta es asignada a las estructuras reproductivas. Al respecto, se desconoce cómo las nuevas variedades distribuyen los fotoasimilados que procesan y cómo la cantidad de N aplicado

afecta el crecimiento de las plantas, Por tal motivo, los objetivos de esta investigación son: 1). Determinar la eficiencia en producción y distribución de biomasa y la dinámica de crecimiento de dos variedades de algodón de hoja normal y una de hoja okra y 2). Determinar el efecto de la dosis de N en la producción y asignación de biomasa y en los indicadores del crecimiento de la variedad transgénica NuCOTN 35B. Para lograr estos objetivos fueron realizados dos experimentos de investigación, en el experimento uno se estudiaron 3 variedades de algodón (CIAN Precoz, Fiber Max y NuCOTN 35B), bajo una misma dosis de fertilización (120-40-00) y en el experimento dos se evaluaron 3 dosis de fertilización nitrogenada (0, 80 y 160 Kg de N ha⁻¹) en la variedad transgénica (NuCOTN 35B).

REVISIÓN DE LITERATURA

La comarca Lagunera está considerada como una de las zonas agrícolas más importantes del país. El cultivo del algodón llegó a ser, si no el más importante, si uno de los principales cultivos que se establecieron en la región hasta el año de 1990 existiendo en la actualidad un importante repunte en el establecimiento de este.

En México, la necesidad de ser eficientes en los sistemas de producción de algodón ha dado importancia a los estudios que ayuden a comprender la eficiencia en la producción y asignación de biomasa al variar un componente de manejo.

ORIGEN CITOGÉNÉTICO Y ESPECIES DEL CULTIVO DE ALGODÓN

Robles (1980), menciona que el origen citogenético del algodonero es de la siguiente manera:

El algodón cultivado es de *Gossypium hirsutum* y de *G. Barbadense*, ambas especies con $2n=52$ cromosomas. Citogenéticamente el algodón cultivado es tetraploide constituido por 26 cromosomas grandes y 26 cromosomas pequeños. Se cree que los dos tetraploides cultivados

(*G. hirsutum* y *G. Barbadense*) y un silvestre (*G. Tomentosum*) son productos de cruce naturales entre especies del viejo y del nuevo mundo (Robles 1980). ✓

Sarmiento (citado por Hernández, 1997) mencionó que el algodón y el aprovechamiento de su fibra, data de tiempos remotos. En el Noroeste de la India (valle del río Indo Pakistán oriental), se comprobó la existencia de tallos y productos fabricados con algodón en antiguas tumbas hindúes, que datan de 3,000 años a.c., y pertenecen a *Gossypium arboreum*, existente aún en la India.

CONDICIONES ECOLÓGICAS DEL CULTIVO

Temperatura

Temperaturas de 15 °C causan lentitud en la germinación.

Temperaturas próximas a los 30 °C facilitan una normal y rápida emergencia de las plántulas. Cuando la temperatura es mayor a los 40 °C la germinación se ve un poco afectada.

Fotoperíodo

Existen variedades de fotoperíodo corto y largo, pero en general las variedades cultivadas son diferentes al fotoperíodo. En regiones donde se siembra el algodón de temporal, la mínima precipitación pluvial dentro del ciclo vegetativo del algodón es de 500 a 700 mm.

Altitud

Las regiones más prosperas de algodón, están situadas a altitudes de 0 a 500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Cuando se siembra a más de 1000 m, el rendimiento y la calidad de la fibra se ven afectados.

Latitud

Las mejores regiones productoras de algodón se encuentran hacia los 40° de latitud norte y 30° de latitud sur.

El desprendimiento de las flores y de las bellotas en la planta de algodón es influenciado por las temperaturas del suelo, así en las variedades denominadas Upland la temperatura mínima del suelo es de 17 °C, la máxima

de 40 °C y la óptima de 34 °C, de esta forma se obtiene la mejor producción derivada de un mínimo de desprendimiento de flores y bellotas. La cantidad de agua se ha estimado en más o menos 260 litros por cada kilo de peso de la planta, pero esto dependerá de la variedad que se use, de la textura, de las condiciones edáficas y de las condiciones ecológicas.

Suelo.

Los mejores suelos son los de textura tipo migajón y no deben contener exceso de sales ya que el algodón se ve perjudicado en sus procesos fisiológicos, sin embargo, existen variedades que son más resistentes que otras a este factor.

CALIDAD DEL CULTIVO.

Bordallo y García (1986), señalaron que del algodón en hueso que produce la planta, es la fibra o el algodón pluma la que adquiere mayor precio en el mercado; la fibra representa alrededor de un 36.5 % en relación con algodón hueso, en tanto, que un 54% aproximadamente corresponde a la semilla y el 9.5 % restante es merma.

+

Además señalan que en el proceso de formación de la fibra, primeramente tiene lugar un período de alargamiento; una vez que la fibra ha alcanzado su longitud definitiva, ocurre un engrosamiento o desarrollo de las paredes secundarias. Al final de dicho proceso queda definido que porcentaje del peso total del algodón en hueso corresponde a la fibra o algodón pluma.

Indicando que en la Comarca Lagunera donde se siembra variedades Deltapine, la longitud de fibra obtenida es intermedia en general (1 a 1 3/32 pulg.).

Palomo *et al.*, (1990), mencionan que la variedad Laguna 89, produce una fibra de mayor longitud, mayor resistencia tensil y mejores valores de micronaire (finura) que la Deltapine 80, cultivar que se utiliza comúnmente en terrenos libres de *verticillium*.

VARIEDADES EMPLEADAS EN LA REGIÓN.

Cian Precoz

Variedad con alto grado de tolerancia al daño de *verticillium*, en suelos infestados por esta enfermedad rinde un 18 % más que Deltapine 80. Es precoz, su ciclo es de 152 días. Es una de las variedades más chaparras y tiene

hojas pequeñas. Su calidad de fibra es buena parecida a la calidad de las variedades Deltapine.

Fiber Max

Es una variedad semiprecoz, empleando un promedio de 158 días de siembra a últimos capullos. Posee ramas fructíferas más o menos cortas y hojas tipo okra con lóbulos en forma de mano. Cuenta con alta calidad de fibra.

Deltapine

El ciclo de cultivo de las cuatro variedades Deltapine (80, 26, 16 y 61) es de 165 días desde la siembra hasta la aparición de los últimos capullos por lo que se le considera como de ciclo tardío. Estas variedades cuentan con una estructura vegetativa parecida, ramas fructíferas largas y de hoja grande. Poseen similar calidad de fibra y son poco tolerantes al ataque del hongo *Verticillium dahliae* K. causante de la enfermedad conocida como “secadera tardía”

NuCOTN 35B

Esta es una variedad resistente a lepidópteros principalmente a gusano rosado y gusano bellotero. Su maduración es de intermedia a completa

preferentemente ciclo largo, de hoja lisa, buena resistencia a tormentas. Su rendimiento es superior a las variedades comerciales Deltapine 50 y 51.

La biotecnología y particularmente las variedades transgénicas significan una alternativa para el manejo de plagas más importantes del algodón (Kisser, 1995).

El algodón 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. Teniendo así actualmente variedades que son significativamente resistentes, sin sacrificar las características agronómicas del valor de la fibra. A su vez la tecnología del algodón Bt proporciona una amplia gama de formas de manejo del cultivo para los investigadores, con el manejo integrado de plagas (MIP) se pueden llevar estrategias tendientes a reducir los costos de control de insectos plaga de manera más eficiente logrando incrementos en rendimiento del algodón, al mismo tiempo que se propicia la conservación de poblaciones de la fauna benéfica (Phillips, 1995).

El máximo valor del algodón está en las cápsulas de primera posición. Entre mayor cantidad de cápsulas de este tipo retenga la planta mayor será la probabilidad de obtener un rendimiento óptimo.

Las variedades Bollgard ofrecen una protección completa para esas cápsulas de primera posición aún más que en variedades convencionales en las que se aplica insecticida. En base a esto el rendimiento de NuCOTN 35B es más alto que el de las variedades convencionales de acuerdo a información expuesta por la compañía Monssanto.

ESENCIABILIDAD DEL NITRÓGENO.

El crecimiento y rendimiento del algodón, al igual que la mayoría de las especies cultivadas, muestra alta dependencia al nitrógeno (N) y al agua durante su ciclo biológico.

El N es el nutrimento más crítico en un programa de fertilización en virtud de que es esencial para un desarrollo óptimo del cultivo, pero hay que evitar excesos que puedan ocasionar serios problemas de manejo del cultivo, y pérdidas en la producción. McConnell *et al.* (1989) enfatizan que la sobrefertilización produce plantas con gran crecimiento vegetativo sin que esto se refleje en el rendimiento, además de que se incrementan las probabilidades de que se pierda el N del sistema suelo – planta. Dosis altas de N también impactan negativamente el medio ambiente ya que aumentan la contaminación de aire, suelo, plantas y acuíferos (Wojcij, 2001).

Consecuentemente existen reportes que indican que las variedades de alto desarrollo vegetativo absorben una mayor cantidad de nitrógeno que

genotipos precoces y compactos, sin que esto se refleje en un mayor rendimiento (Bhatt and Appukuttan, 1971; Bhatt *et al.*, 1974), lo cual es una consecuencia de la estructura cónica y el menor desarrollo vegetativo que presentan las nuevas variedades, (Hodges, 1991).

EL crecimiento y rendimiento del algodón muestra alta dependencia a la disponibilidad de nitrógeno y de agua durante su ciclo vegetativo (Staggenborg, citado por Díaz, 2002). De tal manera que tanto las deficiencias como los excesos de nitrógeno afectan negativamente el rendimiento del algodón (Taylor, citado por Díaz, 2002).

La dosis óptima de N está determinada por muchas variables ambientales como el clima, tipo de suelo, cultivar, fertilidad residual, humedad disponible, plagas, etc., (Gaylor *et al.*, 1983; McConnell *et al.*, 1989)

Entre 1960 y 1970, en la Comarca Lagunera se realizaron numerosos estudios para determinar la dosis óptima de fertilización nitrogenada para el cultivo del algodón, la cual se situó en 120 a 150 Kg de N ha⁻¹. Como estos estudios se realizaron con variedades más frondosas y de ciclo más largo que las variedades actualmente cultivadas, a partir de 1992 se reanudaron las investigaciones sobre fertilización nitrogenada de las cuales se concluyó que las nuevas variedades solo requieren de 80 Kg de N ha⁻¹ para mostrar su potencial productivo (Palomo *et al.*, 1999, 2003).

Bhatt *et al.*, (1974) señalaron que las variedades de gran masa foliar requieren una mayor cantidad de N que las variedades precoces y de poca estructura vegetativa.

Hodges (citado por Palomo *et al.*, 1996), confirmó los resultados anteriores y enfatizó que esto es una consecuencia de la arquitectura cónica y menor masa foliar de las nuevas variedades.

BIOMASA E ÍNDICES DE CRECIMIENTO

En los sistemas de producción de algodón actuales se requiere mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales (suelo y agua) y de la inversión económica realizada, por lo que se ha dado importancia a los estudios que ayuden a comprender los factores que inciden en el rendimiento, particularmente el proceso de producción y asignación de biomasa de la planta, al variar un componente de manejo del cultivo.

Gaytán *et al.*, (2001) concluyeron que los índices RAF, AFE y RPF; son útiles en el establecimiento de diferencias entre variedades en cuanto al grosor de la hoja y vigor de la planta, pues a medida que se incrementó el vigor de la planta decreció el grosor de la hoja.

(Zhao y Oosterhuis, 1998); Wells y Meredith (1984) y Unruh y Silvertooth (1996) indicaron que la superioridad productiva de las nuevas variedades de

algodón se debía a que acumulaban una mayor cantidad de materia seca en los órganos reproductivos y a que su mayor desarrollo reproductivo ocurría cuando el área foliar alcanzaba su valor más alto.

Estos mismos investigadores señalaron que ese mayor potencial productivo se debía a la gran sincronía existente entre esos dos procesos, es decir, a través del aumento del desarrollo reproductivo cuando hay un máximo peso y área foliar. (Algunas características de la planta que influyen en esta sincronía de procesos son precocidad, poca altura, ramas cortas, estructura foliar eficiente en la captura de luz y una alta tasa de crecimiento del cultivo hacia la formación de fibra (Kerby *et al.*, 1990).

El rendimiento del cultivo de algodón es influenciado por el desarrollo y distribución de materia seca a cada uno de los órganos de la planta, así como por su eficiencia fotosintética, por lo que el análisis de índices de crecimiento como tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), etc., son de gran utilidad para conocer como un ambiente o práctica de manejo afecta la eficiencia fotosintética de una planta con respecto a otra. Hernández y Cano (1977), indican que la presentación en tiempo de una etapa de desarrollo de la planta, esta influenciada en forma general por las relaciones con el medio ambiente, llamándose esto, disponibilidad de nutrientes, agua, luz, calor; y también por las características genéticas específicas de la variedad.

Sin embargo, existen pocos estudios al respecto, y en éstos se han utilizado variedades frondosas y de ciclo largo, hoy obsoletas y que originalmente fueron desarrolladas para sistemas de producción en que se utilizaban surcos amplios, de 0.90 a 1.00 m (Mohamad *et al.*, 1982).

Hearn (1969) señaló que las diferencias en rendimiento entre cultivares de algodón se deben más a la capacidad asimilatoria de sus órganos reproductivos que a su capacidad fotosintética. Las variedades modernas son más eficientes para producir fibra debido a que tienen una gran sincronía entre estos dos procesos, es decir, a través del aumento del desarrollo reproductivo cuando hay un máximo peso y área foliar (Wells y Meredith., 1984a y 1984b).

Algunas características de las plantas que influyen en esta sincronía de procesos son: precocidad, poca altura, ramas cortas, estructura foliar eficiente en la captura de luz (Niles, 1974 y Ray, 1970), y tener una alta tasa de crecimiento del cultivo y tasa relativa de crecimiento hacia la formación de fibra (Kerby *et al.*, 1990). El agua y nitrógeno son fuertes estimulantes de crecimiento pero también son frecuentemente los factores más limitantes con respecto a eficiencia y óptima producción (Silvertooth and Norton, 1996).

Palomo y Godoy (2001) en un estudio con variedades precoces y tardías concluyeron que con la estimación de los valores de RAF, AFE, RPF; se pudieron establecer diferencias entre variedades en el grosor de la hoja y vigor de la planta, pues a medida que se incrementó el vigor de la planta, decreció el

grosor de la hoja; Además estos autores indicaron que la frondosidad de la planta depende más de AFE que de RPF. En la actualidad se realizan trabajos para inducir cambios morfológicos (número de nudos y altura de planta) y fisiológicos (precocidad, sincronización entre la relación peso vegetativo y peso reproductivo) que permitan aumentar la eficiencia para producir fibra.

**PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA DE VARIEDADES DE
ALGODÓN CON HOJA NORMAL Y TIPO OKRA**

**BIOMASS PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF OKRA TYPE AND
NORMAL LEAF COTTON VARIETIES**

Arturo Palomo Gil^{1*} Jorge Arnaldo Orozco Vidal¹

¹ Programa de Investigación en Producción Agrícola del Postgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico y Carretera a Santa Fe, Apdo. Postal 940, C.P. 27000 Torreón, Coah., México Correo electrónico; apalomog@mixmail.com.

*Autor responsable

RESUMEN

Mediante la técnica del análisis de crecimiento se evaluaron dos variedades de algodón de hoja normal (CIAN Precoz y la transgénica NuCOTN 35B) y otra de hoja okra (Fiber Max 832), para conocer su dinámica de crecimiento y eficiencia en producción y distribución de biomasa a partir de muestreos efectuados a los 69, 82, 105 y 124 días después de la siembra (dds). La siembra se realizó en el sistema de producción de surcos estrechos (0.76 m entre surcos y distancia de 0.20 m entre plantas) para una población de 65 500 plantas ha⁻¹. Las variedades se distribuyeron en diseño de bloques al azar con seis repeticiones. En cada muestreo se colectaron dos plantas por parcela para

determinar área foliar, peso seco total y peso seco de órganos vegetativos y fructíferos. Con los datos de área foliar y peso seco se estimó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y relación de peso foliar (RPF). Únicamente se detectaron diferencias estadísticas entre muestreos más no en la tasa de producción y distribución de biomasa, ni en los indicadores de la magnitud del aparato fotosintético o de la eficiencia fotosintética de las variedades estudiadas. Sin embargo, Fiber Max obtuvo el mayor IAF y acumuló más biomasa total y más biomasa en los órganos vegetativos y reproductivos que las otras dos variedades. Durante todo el período muestreado, Fiber Max 832 también presentó los valores más altos en TCC y TAN. Los valores de RAF, AFE y RPF clasificaron a las variedades como igualmente frondosas. Las variedades presentaron valores de RPF similares lo cual implica que, independientemente de la variedad, las plantas asignan el mismo porcentaje de fotoasimilados a su estructura foliar.

Palabras clave: *Gossypium hirsutum* L, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, índice de área foliar, frondosidad, variedad transgénica.

SUMMARY

The plant growth analysis technique was used to assess the dry matter production dynamic, and the dry matter distribution to vegetative and reproductive structures of two normal leaves (CIAN Precoz and the transgenic variety, NuCOTN 35B) and an okra leaf (Fiber Max 832) cotton varieties. A complete randomized blocks experimental design with three replications was used. Four destructive samples were taken at 69, 82, 105 and 124 days after sowing (das). Plant leaf area, total dry weight, and dry weight of vegetative and reproductive organs from two plants by plot were measured at each sampling date. Total dry weight and plant leaf area data were used to estimate crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (LWR). There were not significant differences among the varieties total dry matter production, plant leaf area, plant growth or photosynthetic apparatus size indicators. However, total dry matter; dry matter partitioning, LAI, TTC and NAR showed that the okra leaf variety (Fiber Max 832) was photosynthetically more efficient than the normal leaf cotton varieties. The RAF, SLA and LWR values classified the varieties as equally leafiness. According to LWR the three varieties assigned the same percentage of photoassimilated to their respective foliar structure.

Index words: *Gossypium hirsutum* L., crop growth rate, net assimilation rate, leaf area index, leafiness, transgenic variety.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de algodón depende en gran proporción de la cantidad de biomasa producida y de la eficiencia con que ésta es asignada a las estructuras reproductivas, lo cual es medido mediante el índice de cosecha (Zhao y Oosterhuis, 1998). Wells y Meredith (1984) y Unruh y Silvertooth (1996) indicaron que la superioridad productiva de las nuevas variedades de algodón se debía a que acumulaban una mayor cantidad de materia seca en los órganos reproductivos y a que su mayor desarrollo reproductivo ocurría cuando el área foliar alcanzaba su valor más alto. Estos mismos investigadores señalaron que ese mayor potencial productivo se debía a la gran sincronía existente entre esos dos procesos, es decir, a través del aumento del desarrollo reproductivo cuando hay un máximo peso y área foliar. Algunas características de la planta que influyen en esta sincronía de procesos son precocidad, poca altura, ramas cortas, estructura foliar eficiente en la captura de luz, y una alta tasa de crecimiento del cultivo hacia la formación de fibra (Kerby *et al.*, 1990).

El rendimiento del cultivo de algodón es influenciado por el desarrollo y distribución de materia seca a cada uno de los órganos de la planta, así como por su eficiencia fotosintética, por lo que indicadores del crecimiento, como tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN), y de el tamaño del aparato fotosintético, como relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), etc., son de gran utilidad para conocer cómo el ambiente o una práctica de manejo del cultivo afecta la eficiencia fotosintética de las

plantas. Sin embargo, existen pocos estudios al respecto, la mayoría de ellos son muy antiguos y se han conducido con genotipos frondosos y de ciclo largo (indeterminado), hoy obsoletos y que originalmente fueron desarrollados para sistemas de producción en que se utilizaban surcos amplios, de 0.90 a 1.00 m (Mohamad *et al.*, 1982). En la actualidad se cultiva el algodón en el sistema de producción conocido como de surcos estrechos, donde la distancia entre surcos es de 0.76 m. En estudios recientes, Gaytán *et al.* (2001) concluyeron que los índices RAF, AFE y RPF; son útiles en el establecimiento de diferencias entre variedades en cuanto al grosor de la hoja y vigor de la planta, pues a medida que se incrementó el vigor de la planta decreció el grosor de la hoja.

Las nuevas variedades de algodón son de menor estructura vegetativa y más precoz que las variedades cultivadas hasta antes de 1990. Una de las nuevas variedades (Fiber Max 832) posee hoja tipo okra que difiere de las variedades con hoja normal en que sus lóbulos son más pronunciados y delgados razón por la cual se le conoce como "mano de chango". A las variedades con hoja okra se les clasifica como de "dosel abierto" porque permiten el paso de la radiación solar y el movimiento del aire hasta las partes más bajas del dosel que las variedades de hoja normal. El mayor movimiento del aire dentro del dosel, permite un mayor intercambio y disponibilidad de CO₂ (Meredith, 1984). El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia en producción y distribución de biomasa y la dinámica de crecimiento de dos variedades de algodón de hoja normal y una de hoja okra.

El presente trabajo se llevó a cabo en el 2003 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna localizado en Torreón, Coah., México (25° 32' LN, 103° 14' LW y 1120 msnm). El suelo del área experimental es de textura franco limosa, medianamente alcalino (pH de 7.85), con un 2.02 % de contenido de materia orgánica. Se evaluaron las variedades CIAN Precoz (poca altura, ramas cortas y hoja pequeña); Fiber Max 832 (de hoja okra y ramas fructíferas largas) y NuCOTN 35B (transgénica, tardía), que posee resistencia al daño de gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* S.) y gusano bellotero (*Heliothis spp.*).

Las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con seis repeticiones. La siembra se realizó el 18 de Abril en el sistema de producción de surcos estrechos, a una distancia de 0.76 m entre surcos y de 20 cm. entre plantas, para contar con una población de 65 500 plantas ha⁻¹. Se fertilizó en la siembra con la fórmula 120-40-00. Se aplicaron cuatro riegos; uno de presembrado y el resto a los 60, 80 y 100 días después de la siembra (dds). Los últimos tres riegos correspondieron al inicio de floración, tercera y sexta semana de floración, respectivamente. Durante el ciclo del cultivo la única plaga problema fue la conchuela (*Chlorochroa ligata*) la cual se controló con cuatro aplicaciones de insecticida. La maleza se controló en forma manual y química. La parcela experimental total consistió de seis surcos de 6 metros de longitud, las plantas muestreadas se obtuvieron de los dos surcos centrales.

Para determinar la dinámica de producción de materia seca se realizaron cuatro muestreos destructivos, a los 69, 82, 105 y 124 dds. En cada muestreo se tomaron dos plantas con competencia completa por parcela. A cada planta se le separaron los órganos vegetativos (hojas, tallos y ramas) y los reproductivos. Para el secado de estos órganos, los tallos y ramas, las hojas, y los frutos se colocaron en bolsas de papel por separado y se sometieron a secado en estufa marca "Felisa" a una temperatura de 65 °C durante 72 horas, después de lo cual se obtuvo su peso seco, la suma de estos representó el peso seco total por planta (rendimiento biológico). Antes de someter las hojas a secado se les determinó su área foliar con un integrador electrónico de área LICOR LI 3100.

Con los valores de materia seca de las láminas foliares, materia seca total, área foliar y del intervalo de tiempo entre muestreos, se calcularon los siguientes índices de crecimiento, de acuerdo con Radford (1967) y Hunt (1978):

1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), mide el incremento de biomasa por unidad de tiempo.

$$TCC = P_2 - P_1 / A (t_2 - t_1), \quad (\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1})$$

Donde:

A = Área donde el peso seco fue registrado

P₁ = Peso seco de muestra 1

P_2 = Peso seco de muestra 2

t_1 = Fecha de muestreo 1 expresado en días después de la siembra.

t_2 = Fecha de muestreo 2, en días después de la siembra.

2. Tasa de asimilación neta (TAN), estimador de la eficiencia fotosintética de la planta.

$$TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] \times [(Ln_e AF_2 - Ln_e AF_1) / (t_2 - t_1)], \text{ (gm}^2 \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

Donde:

Ln_e = Logaritmo natural

PS = Peso seco de las muestras en t_1 y t_2 .

AF = Área foliar en el periodo t_1 y t_2 .

3. Relación de Área Foliar (RAF), es un indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta, y se obtiene de dividir el área foliar de la planta entre el peso seco total de la misma.

$$RAF = AF/PS, \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)}$$

Donde:

AF = Área foliar

PS = Peso Seco Total

4. Área Foliar Específica (AFE), mide el grosor de la hoja y representa la

superficie foliar por gramo de peso seco de la hoja.

$$AFE = AF/PSAF, (\text{cm}^2 \text{g}^{-1}).$$

Donde:

PSAF = Peso seco del área foliar

5. Relación de Peso Foliar (RPF), determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta.

$$RPF = PSAF/PS, (\text{g g}^{-1})$$

6. Índice de Área Foliar (IAF), es el área foliar presente por unidad de superficie de suelo.

$$IAF = AFT/S, (\text{m}^2 \text{m}^{-2})$$

Donde:

AFT = Área foliar total

S = Área de suelo ocupada

A partir de los datos de peso seco obtenidos en la superficie de muestreo, se calcularon los datos por planta y para un metro cuadrado. Para todas las variables se realizaron análisis de varianza por muestreo y comparación de medias con la prueba de Tukey al 0.05 de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y distribución de biomasa

En producción de biomasa por metro cuadrado no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para peso seco total, peso seco de parte vegetativa y peso seco de la parte reproductiva, en ninguna fase de crecimiento de las tres variedades. Como es natural, en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, la acumulación de materia seca en los órganos vegetativos fue mayor que en los reproductivos, lo cual fue disminuyendo gradualmente a medida que aumentó el número y tamaño de los órganos reproductivos (Cuadro 1). Aunque las diferencias entre variedades no fueron significativas, a los 69 dds la variedad transgénica NuCOTN 35B acumulaba un mayor porcentaje de su peso seco total en los órganos vegetativos (97 %) que las otras dos variedades. En esta primer medición el peso seco acumulado en órganos vegetativos de NuCOTN 35B superó en 30 y 18 % al acumulado por CIAN Precoz y Fiber Max 832 respectivamente, lo cual es explicable, ya que la variedad transgénica inició floración una semana más tarde que las otras dos variedades. Lo anterior también se manifestó en el muestreo realizado a los 82 dds ya que las variedades más precoces habían concentrado el 23 % de fotoasimilados en los órganos reproductivos por el 15.7 % acumulado por NuCot 35B. Al alcanzar las variedades su máximo IAF (105 dds) todavía la cantidad de materia seca acumulada en los órganos vegetativos era ligeramente superior a la acumulada en los órganos reproductivos, para

posteriormente revertirse la situación según se observa en la medición efectuada a los 124 dds (Cuadro 1). Lo anterior es explicable dado que después de que las plantas alcanzan su máximo IAF inician la fase de envejecimiento donde ya no acumulan carbohidratos pero si lo traslocan hacia las partes reproductivas.

En el último muestreo realizado a los 124 dds el porcentaje de asimilados acumulados en los órganos reproductivos de cada variedad fue prácticamente la misma, sin embargo al comparar el peso seco acumulado entre variedades, Fiber Max acumulaba una mayor cantidad de materia seca en los órganos reproductivos y una mayor cantidad de biomasa total que las otras dos variedades (Cuadro 1), lo cual corrobora lo expuesto por Wells y Meredith (1984) y Palomo y Godoy (1996), respecto a que el mayor potencial productivo de las variedades modernas se debe a que envían mas carbohidratos hacia los órganos reproductivos que hacia los vegetativos (Cuadro 1). Gaytán *et al.* (2001) cuantificaron la dinámica de producción de biomasa en variedades precoces y la variedad tardía Deltapine 80 llegando a la misma conclusión.

Índices de crecimiento

Los análisis de varianza para índices de crecimiento únicamente detectaron diferencias estadísticamente significativas entre épocas de muestreo mas no entre variedades. Sin embargo, desde el primero hasta el último muestreo la variedad Fiber Max 832, de hoja okra, presentó valores de TCC y TAN superiores a los mostrados por CIAN Precoz y NuCOTN 35B, signo de que la

velocidad de sus procesos metabólicos es superior al de las otras variedades. Entre los 82 y 105 dds las tres variedades manifestaron su máxima actividad metabólica, destacando Fiber Max 832 por su mayor velocidad en la acumulación de biomasa total (Cuadro 1).

Los tres genotipos alcanzaron su máximo IAF a los 105 dds, Fiber Max 832 presentó el mayor IAF y, por tanto, cuenta con una mayor estructura foliar para la captación de radiación solar y para la producción de carbohidratos. La hoja de las variedades normales presenta lóbulos anchos y poco pronunciados, en cambio, la hoja okra es de lóbulos muy delgados y pronunciados, forma de la cual se esperaría una menor área foliar por hoja, como lo mostraron las primeras variedades de este tipo (Jones , 1982) sin embargo, las hojas de Fiber Max 832 promediaron un área foliar (56.23 cm^2) superior a la mostrada por NuCOTN 35B (51.23 cm^2) y, dado que ambas variedades produjeron la misma cantidad de láminas foliares (95) la diferencia en IAF fue el tamaño de las mismas. Por su forma la hoja okra evita el sombreo y sus consecuencias negativas para la producción ya que permite el paso de la radiación solar hasta las partes inferiores del cultivo permitiendo así que la mayoría de las láminas foliares sean fotosintéticamente activas.

En los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF) no se detectaron diferencias estadísticas entre variedades por lo que todas ellas mantienen la misma relación entre la magnitud de su área foliar, su peso seco total, y su propio peso seco (Cuadro 3). En la última medición,

realizada a los 124 dds, la variedad transgénica NuCOTN 35B presentó un valor de RAF mayor que el de las otras variedades, lo cual indica que mantiene por más tiempo su área foliar (Cuadro 2), y esto es imputable a la longitud de su ciclo biológico, ya que es de siete a 10 días más largo que el de las otras variedades en estudio. Lo anterior no necesariamente implica una mayor producción de biomasa, ya que esto dependerá de su eficiencia para transformarla a carbohidratos, tal y como lo expresó Hearn (1969). Estos resultados difieren con los reportados por Gaytán *et al.* (2001) quienes encontraron diferencias entre variedades para los valores de RAF y AFE, donde la variedad tardía Deltapine 80 resultó más frondosa que CIAN Precoz y CIAN precoz 3.

En todas las variedades los valores más altos de RAF y RPF se obtuvieron en las primeras fases de crecimiento de las plantas, y gradualmente declinaron conforme avanzó la edad del cultivo, lo cual es normal, ya que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los fotoasimilados en sus estructuras vegetativas y en el desarrollo de su aparato fotosintético, sucediendo posteriormente lo contrario al establecerse la fase reproductiva, con el crecimiento en número y tamaño de órganos reproductivos. Los valores de RPF de las tres variedades fueron similares a través del desarrollo del cultivo y esto demuestra que la planta, independientemente de la variedad, regula y distribuye equitativamente en sus órganos, los fotoasimilados que produce. Resultados similares fueron reportados por Palomo y Godoy (1996).

CONCLUSIONES

Sin ser estadísticamente significativos los resultados mostraron que la tendencia a que en la eficiencia fotosintética de la variedad de hoja okra, Fiber Max 832, sea mayor que a la mostrada por CIAN Precoz y NuCOTN 35 B (transgénica) en función a su mayor acumulación de biomasa y su distribución hacia órganos vegetativos y reproductivos lo que está acorde con la magnitud de su aparato fotosintético (IAF).

Bajo las mismas condiciones la actividad metabólica de Fiber Max 832 también tendió a ser un poco más alta que en las otras dos variedades, según sus valores de TCC y TAN.

Las tres variedades alcanzaron su máximo IAF a los 105 dds y después declinó rápidamente debido al envejecimiento de las hojas. Fiber Max manifestó un mayor IAF que las otras variedades lo cual relaciona con su mayor biomasa acumulada.

De acuerdo con los valores de RPF, independientemente de la variedad, las plantas asignan la misma cantidad de fotoasimilados a su estructura foliar.

BIBLIOGRAFÍA

- Gaytán M A, A Palomo G, S. Godoy A (2001) Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Revista Fitotécnica Mexicana* 24(2):197-202.
- 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
- Hunt R (1978) Plant growth analysis. The Institute of Biology's. *Studies in Biology* No. 96. Published by Edward Arnold. 67p.
- Jones J E (1982) The present state of the art and science of cotton breeding for leaf-morphological types. *In: Proc. Beltwide Cotton Production Research Conf.* J.M Brown (ed). Natl. Cotton Council of America, Memphis, Tenn. pp: 93-99.
- Kerby T A, K G Cassman, M Keerly (1990) Genotypes and plant density for narrow rows cotton systems. I. Height, nudes, earliness, and location of yield. *Crop Science* 30:644-649.
- Mohamad K, G Kassman, J.M. Pehelman (1982) Cotton cultivars response to plant population in a short - season narrow-row cultural system *Agronomy Journal* 74:619-625.

- Meredith Jr W R (1984) Influence of leaf morphology on lint yield of cotton-enhancement by the sub okra trait. *Crop Science* 24:855-857.
- Palomo G A, S Godoy A (1996) Análisis del crecimiento de la nueva variedad de algodón Laguna 89 y del cultivar Deltapine 80. *Agricultura Técnica en México* 22:145-156.
- Radford P J (1967) Growth analysis formulae, their use and abuse. *Crop Science* 7:171-173.
- Unruh B L, J C Silvertooth (1996) Comparison between an Upland and a Pima cultivars. II. Nutrient uptake and partitioning. *Agronomy Journal* 88:589-595.
- Wells R, W R Meredith Jr (1984) Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. II. Reproductive dry matter partitioning. *Crop Science* 24:863-868.
- Zhao D, D Oosterhuis (1998) Evaluation of plant growth regulators for effect the growth and yield of cotton. In: *Proc. Beltwide Research Conferences*. P. Duggar and D. Richter (eds). January 5-9, San Diego California. Pp: 1482-1484.

Cuadro 1. Promedios en g m⁻² para peso seco total (PST), de órganos vegetativos (OV) y reproductivos (OR), y el porcentaje del peso vegetativo (% V), y reproductivo (PR), en tres variedades de algodón. Torreón, Coahuila, México. Ciclo 2003.

Variedad	Muestreo (dds)	Órganos vegetativos			OR	PST	% V	% R
		Hojas	Tallos	Total OV				
CIAN Precoz	69	54.5	52.8	107.2	12.9	120.2	89.3	10.7
	82	130.4	140.9	271.3	81.1	352.3	78.0	23.0
	105	186.7	250.9	437.6	402.3	839.9	52.1	47.9
	124	150.3	200.98	351.1	563.2	914.3	38.4	61.6
Fiber Max 832	69	57.0	61.2	118.2	11.7	129.8	91.0	9.0
	82	124.1	169.0	293.1	86.5	379.7	77.2	22.8
	105	211.2	314.6	525.7	482.0	1007.7	52.2	47.8
	124	169.3	259.2	428.5	597.8	1026.2	41.8	58.2
NuCOTN 35B	69	63.2	76.6	139.8	4.3	144.1	97.0	3.0
	82	128.4	168.7	297.1	55.2	352.2	84.3	15.7
	105	184.4	299.5	483.9	403.9	887.8	54.5	45.5
	124	160.5	215.5	375.9	563.2	939.1	40.0	60.0

dds = Días después de la siembra.

Cuadro 2. Índices de crecimiento de tres variedades de algodón. Torreón, Coahuila. México. Ciclo 2003.

Índices	Periodo (dds)	Variedades		
		CIAN Precoz	Fiber Max 832	NuCOTN 35B
TCC (g m ⁻² día ⁻¹)	69 – 82	17.9	19.2	15.3
	82 – 105	21.2	27.3	23.3
	69 – 105	20.0	24.4	20.4
	69 – 124	14.4	16.3	14.3
TAN (g m ⁻² día ⁻¹)	69 – 82	14.04	14.93	12.27
	82 – 105	10.22	11.05	10.55
	69 – 105	12.15	13.10	11.17
	69 – 124	10.13	10.93	9.24
IAF	69	0.93	0.94	1.13
	82	1.69	1.75	1.61
	105	2.84	3.21	2.92
	124	2.07	2.29	2.44

dds = Días después de la siembra

Cuadro 3. Relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), y relación de peso foliar (RPF) de tres variedades de algodón. Torreón, Coahuila. México. Ciclo 2003.

Índices	Periodo (dds)	Variedades		
		CIAN Precoz	Fiber Max 832	NuCOTN 35B
RAF (cm ² g ⁻¹)	69	79.22	73.77	73.88
	82	48.37	46.68	45.50
	105	34.57	31.84	32.99
	124	22.64	22.03	27.57
AFE (cm ² g ⁻¹)	69	172.71	165.61	178.22
	82	129.18	143.11	126.66
	105	155.87	151.86	157.78
	124	137.72	133.34	156.05
RPF (g g ⁻¹)	69	0.46	0.45	0.41
	82	0.37	0.33	0.36
	105	0.22	0.21	0.21
	124	0.16	0.16	0.17

dds = Días después de la siembra.

DOSIS DE NITRÓGENO Y SU EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA DE ALGODÓN TRANSGÉNICO

**Nitrogen Rate Effect on Biomass Production and Distribution of
Transgenic Cotton**

Jorge A. Orozco-Vidal^{1‡}, Arturo Palomo-Gil¹

^{1‡}Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe, Colonia Centro, 27000 Torreón, Coahuila. Correo electrónico; [‡] (joorvi66@hotmail.com) y Autor responsable.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la dosis de nitrógeno (N) en la producción y asignación de biomasa y en los indicadores del crecimiento de la variedad transgénica NuCOTN 35B. Las dosis evaluadas fueron 0, 80 y 160 kg de N ha⁻¹ las cuales se distribuyeron en diseño de bloques al azar con seis repeticiones. La siembra se realizó en el sistema de producción de surcos estrechos (0.76 m entre surcos y distancia de 0.20 m entre plantas) para una población de 65 500 plantas ha⁻¹. Para determinar el efecto del N en la dinámica de crecimiento y eficiencia en producción y distribución de biomasa se realizaron cuatro muestreos destructivos a los 69, 82, 105 y 124 días después de la siembra (dds). En cada muestreo se colectaron dos plantas por parcela para determinar área foliar, peso seco total y peso seco de

órganos vegetativos y fructíferos. Con los datos de área foliar y peso seco se estimó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y relación de peso foliar (RPF). Estadísticamente la cantidad de N aplicado no afectó la tasa de producción y distribución de biomasa, ni los indicadores de la magnitud del aparato fotosintético o de la eficiencia fotosintética de las variedades estudiadas. Sin embargo, en el último muestreo la dosis de 160 kg de N ha⁻¹ presentó el mayor IAF y acumuló más biomasa total y más biomasa en los órganos reproductivos que las otras dosis. Durante todo el período muestreado, la TCC (16.7 g de materia seca m⁻² día⁻¹) fue mayor en la dosis de 160 kg que con 0 y 80 kg de N, cuya TCC fue de 15.4 y 15.3 g m⁻² día⁻¹, respectivamente. La dosis de N tampoco afectó los valores de RAF, AFE Y RPF, indicio de que en todas las fases de crecimiento las plantas acumularon la misma cantidad de fotoasimilados en sus láminas foliares. Los valores de RPF obtenidos indican que, independientemente de la cantidad de N aplicado, las plantas asignan el mismo porcentaje de fotoasimilados a su estructura foliar.

Palabras clave: *Gossypium hirsutum* L., materia seca, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, índice de área foliar.

SUMMARY

The objective of this work was to know the effect of the nitrogen (N) rate on biomass production and distribution, and growth indices of the transgenic cotton variety, NuCOTN 35B. N rates were 0, 80 and 160 kg ha⁻¹. A complete randomized blocks experimental design with six replications was used. The planting was done in the narrow row cotton production system (rows 0.76 m apart). A distance of 0.20 m among plants was given to get a population density of 65 500 plants ha⁻¹. Four destructive samples were taken at 69, 82, 105 and 124 days after planting (dap). Plant leaf area, total dry weight, and dry weight of vegetative and reproductive organs from two plants by plot were measured at each sampling date. Total dry weight and plant leaf area data were used to estimate crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (LWR). Statistically, N rate did not affected total biomass production, biomass partitioning, photosynthetic apparatus size indicators, nor photosynthetic efficiency of the variety studied. However, at the last sampling date, the 160 kg ha⁻¹ N rate showed the highest LAI, total biomass production, and biomass partitioning to reproductive organs values than the other rates. At all sampling period the 160 kg ha⁻¹ N rate, also showed the higher TCC (16.7 dry matter g m⁻² day⁻¹) than the 0 (15.4 g m⁻² day⁻¹) or 80 (15.3 g m⁻² day⁻¹) kg ha⁻¹ N rates. N rate did not affected the RAF, SLA and LWR estimators which means that, independently of the N rate, at all growth phases the distribution of photo assimilated to the leaves, was the same. According to LWR, and independently of the N rate, plants assigned the same percentage of photo assimilated to their respective foliar structure.

Index words: *Gossypium hirsutum* L., dry mater, crop growth rate, net assimilation rate, leaf area index..

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y rendimiento del algodón, al igual que la mayoría de las especies cultivadas, muestra alta dependencia al nitrógeno (N) y al agua durante su ciclo biológico. El N es el nutrimento más crítico en un programa de fertilización en virtud de que es esencial para un desarrollo óptimo del cultivo, pero hay que evitar excesos que puedan ocasionar serios problemas de manejo del cultivo, y pérdidas en la producción. McConnell *et al.* (1989) enfatizan que la sobrefertilización produce plantas con gran crecimiento vegetativo sin que esto se refleje en el rendimiento, además de que se incrementan las probabilidades de que se pierda el N del sistema suelo – planta. Dosis altas de N también impactan negativamente el medio ambiente ya que aumentan la contaminación de aire, suelo, plantas y acuíferos (Wojcij, 2001). La contaminación del aire es producto de la volatilización del N en forma de óxido nitroso el cual destruye la capa de ozono en la estratosfera, creando "agujeros de ozono".

La dosis óptima de N está determinada por muchas variables ambientales como el clima, tipo de suelo, variedad, fertilidad residual, humedad disponible, plagas, etc., (Gaylor *et al.*, 1983; McConnell *et al.*, 1989) Entre 1960 y 1970, en la Comarca Lagunera se realizaron numerosos estudios para determinar la dosis óptima de fertilización nitrogenada para el cultivo del algodón, la cual se situó en 120 a 150 kg de N ha⁻¹. Como estos estudios se realizaron con variedades más frondosas y de ciclo más largo que las variedades actualmente cultivadas, a partir de 1992 se reanudaron las investigaciones sobre fertilización nitrogenada de las cuales se concluyó que las nuevas variedades solo requieren de 80 kg de N ha⁻¹ para mostrar su potencial productivo (Palomo *et al.*, 1999, 2003).

El rendimiento de algodón depende en gran proporción de la cantidad de biomasa producida y de la eficiencia con que ésta es asignada a las estructuras reproductivas lo cual es medido mediante el índice de cosecha. Wells y Meredith (1984) y Unruh y Silvertooth (1996) indicaron que la superioridad productiva de las nuevas variedades se debía a que acumulaban una mayor cantidad de materia seca en los órganos reproductivos y a que su mayor desarrollo reproductivo ocurría cuando el área foliar alcanzaba su valor más alto. Estos mismos investigadores señalaron que ese mayor potencial productivo se debía a la gran sincronía existente entre esos dos procesos, es decir, a través del aumento del desarrollo reproductivo cuando hay un máximo peso y área foliar. Algunas características de la planta que influyen en esta sincronía de procesos son precocidad, poca altura, ramas cortas, estructura foliar eficiente en la captura de luz, y una alta tasa de crecimiento del cultivo hacia la formación de fibra (Kerby *et al.*, 1990).

Indicadores del crecimiento, como tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), etc., son de gran utilidad para conocer cómo el ambiente o una práctica de manejo del cultivo afecta la eficiencia fotosintética de las plantas. Sin embargo, existen pocos estudios al respecto, y en éstos se han utilizado variedades frondosas y de ciclo largo, hoy obsoletas y que originalmente fueron desarrolladas para sistemas de producción en que se utilizaban surcos amplios, de 0.90 a 1.00 m (Mohamad *et al.*, 1982). En la actualidad se cultiva el algodón en el sistema de producción conocido como de surcos estrechos, donde la distancia entre surcos es de 0.76 m. Aunado a lo anterior, las nuevas variedades son de menor estructura vegetativa y de ciclo más cortó que las variedades cultivadas hasta antes de 1990. Tal es el caso de la variedad transgénica NuCOTN 35B que posee el gen Bt, obtenido de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que

le confiere resistencia genética al daño de plagas como el gusano rosado (*Pecthinophora gossypiella* S.) y a las dos especies de gusano bellotero (*Heliothis zea* B. y *Heliothis virescens*). Bhatt *et al.* (1974) señalaron que las variedades de gran masa foliar requieren una mayor cantidad de N que las variedades precoces y de poca estructura vegetativa. Hodges (citado por Palomo *et al.*, 1996), confirmó los resultados anteriores y enfatizó que esto es una consecuencia de la arquitectura cónica y menor masa foliar de las nuevas variedades. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la dosis de N en la producción y asignación de biomasa y en los indicadores del crecimiento de la variedad transgénica NuCOTN 35B.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el 2003 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna localizado en Torreón, Coah., México (25° 32' LN, 103° 14' LW y 1120 msnm). El suelo del área experimental es de textura franco limosa, medianamente alcalino (pH de 7.85), con un 2.02 % de contenido de materia orgánica y 0.13 % de nitrógeno total. En la variedad transgénica NuCot 35B se evaluaron dosis de 0 (no fertilizado) 80 y 160 kg de N ha⁻¹, se aplicó una dosis uniforme de 40 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Las dosis de N se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con seis repeticiones. La siembra se realizó el 18 de Abril en el sistema de producción de surcos estrechos, a una distancia de 0.76 m entre surcos y de 0.20 m entre plantas, para contar con una población de 65 500 plantas ha⁻¹. Se aplicó un riego de presembrado y tres de auxilio a los 60, 80 y 100 días después de la siembra (dds). Durante el ciclo del cultivo la única plaga problema fue la conchuela (*Chlorochroa ligata*) la cual se controló con cuatro aplicaciones de insecticida. La maleza se controló en forma manual y química. La parcela experimental total consistió de seis surcos de 6 metros de longitud, las plantas muestreadas se obtuvieron de los dos surcos centrales.

Para determinar la dinámica de producción de materia seca se realizaron cuatro muestreos destructivos, a los 69, 82, 105 y 124 dds. En cada muestreo se tomaron dos plantas con competencia completa por parcela. A cada planta se le separaron los órganos vegetativos (hojas, tallos y ramas) y los reproductivos. Para el secado de estos órganos, los tallos y ramas, las hojas, y los frutos se colocaron en bolsas de papel por separado y se sometieron a secado en estufa marca "Felisa" a una temperatura de 65 °C durante 72 horas, después de lo cual se obtuvo su peso seco, la suma de estos representó el peso seco total por planta (rendimiento biológico). Antes

de someter las hojas a secado se les determinó su área foliar con un medidor de área LICOR modelo L 1-3100. Con los valores de materia seca de las láminas foliares, materia seca total, área foliar y del intervalo de tiempo entre muestreos, se calcularon los siguientes índices de crecimiento, de acuerdo con Radford (1967) y Hunt (1978):

1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), mide el incremento de biomasa por unidad de tiempo.

$$TCC = P_2 - P_1 / A (t_2 - t_1), \quad (\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1})$$

Donde:

A = Área donde el peso seco fue registrado

P₁ = Peso seco de muestra 1

P₂ = Peso seco de muestra 2

t₁ = Fecha de muestreo 1 expresado en días después de la siembra.

t₂ = Fecha de muestreo 2 , en días después de la siembra.

2. Tasa de asimilación neta (TAN), estimador de la eficiencia fotosintética de la planta.

$$TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] \times [(Ln_e AF_2 - Ln_e AF_1) / (t_2 - t_1)], \quad (\text{gm}^2 \text{ día}^{-1})$$

Donde:

Ln_e = Logaritmo natural

PS = Peso seco de las muestras en t₁ y t₂

AF = Área foliar en el periodo t₁ y t₂

3. Relación de Área Foliar (RAF), es un indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta, y se obtiene de dividir el área foliar de la planta entre el peso seco total de la misma.

$$RAF = AF/PS, (\text{cm}^2 \text{g}^{-1})$$

Donde:

AF = Área foliar

PS = Peso Seco Total

4. Área Foliar Específica (AFE), mide el grosor de la hoja y representa la superficie foliar por gramo de peso seco de la hoja.

$$AFE = AF/PSAF, (\text{cm}^2 \text{g}^{-1}).$$

Donde:

PSAF = Peso seco del área foliar

5. Relación de Peso Foliar (RPF), determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta.

$$RPF = PSAF/ PS, (\text{g g}^{-1})$$

6. Índice de Área Foliar (IAF), es el área foliar presente por unidad de superficie de suelo.

$$IAF = AFT/S, (\text{m}^2 \text{m}^{-2})$$

Donde:

AFT = Área foliar total

S = Área de suelo ocupada

A partir de los datos de peso seco obtenidos en la superficie de muestreo, se calcularon los datos por planta y por metro cuadrado. Para todas las variables se realizaron análisis de varianza por muestreo y cuando se detectaron diferencias la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 0.05 de significancia.

Producción y distribución de biomasa

En ninguna fase de crecimiento del cultivo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre dosis de N para producción de biomasa total m^2 , ni en la cantidad asignada a los órganos vegetativos o reproductivos lo cual es probable sea una consecuencia del contenido de N total (0.13 %) del sitio experimental, que indica suficiencia de N residual para el cultivo de algodón y que no se espera respuesta a la adición de este nutrimento (Castellanos *et al.*, 2000), Cuadro 1. Como es natural, en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, la acumulación de materia seca en los órganos vegetativos fue mayor que en los reproductivos sin embargo, conforme avanzaba el crecimiento de las plantas y aumentaba el número y tamaño de los órganos reproductivos la proporción fue invirtiéndose, lo cual coincide con lo reportado por Gaytán *et al.* (2001) en algodón y por Sarmah *et al.*, (1994) y Escalante (1996) en girasol, indicando que antes del inicio de la floración, la biomasa se distribuye entre tallos, hojas y raíces y, posteriormente en la inflorescencia y los órganos reproductivos. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, en la última medición (124 dds) la dosis de 160 Kg de N ha^{-1} acumulaba más biomasa total m^{-2} que las otras dosis, y esa biomasa adicional se concentraba en los órganos reproductivos (Cuadro 1). La producción de más biomasa donde se aplicó más N coincide con lo encontrado por Bondada *et al.* (1996) en algodón y por Escalante (1999) en girasol.

Cuadro 1. Promedios en $g\ m^{-2}$ para peso seco total (PST), de órganos vegetativos (OV) y reproductivos (OR), y el porcentaje del peso vegetativo (% V), y reproductivo (%R), en tres dosis de nitrógeno. Torreón, Coah., Mex. Ciclo 2003.

N ($kg\ ha^{-1}$)	Muestreo (dds)	Órganos vegetativos			OR	PST	% V	% R
		Hojas	Tallos	Total				
0	69	61.54	70.44	131.98	14.16	146.15	90.30	9.70
	82	139.68	182.63	322.31	83.22	405.54	79.48	20.52
	105	188.74	265.33	454.07	403.72	857.80	52.93	47.07
	124	164.65	238.99	403.64	590.0	993.60	40.62	59.38
80	69	59.87	65.11	124.98	13.11	138.06	90.53	9.47
	82	139.79	177.91	317.70	84.71	402.41	78.95	21.05
	105	190.63	281.96	472.59	448.78	921.4	47.26	52.74
	124	167.21	222.17	389.38	590.1	979.4	39.76	60.24
160	69	54.19	58.87	113.06	12.50	125.51	90.08	9.92
	82	137.53	176.45	313.98	90.00	403.98	77.72	22.28
	105	203.65	300.55	504.2	430.35	934.6	53.95	46.05
	124	179.80	230.70	410.5	633.3	1043.7	39.33	60.67

dds = Días después de la siembra.

Índices de crecimiento

Al igual que en producción de biomasa los análisis de varianza para TCC, TAN e IAF únicamente detectaron diferencias estadísticamente significativas entre épocas de muestreo mas no entre dosis de N lo cual implica que la cantidad de N aplicado no tuvo ningún efecto en la actividad metabólica de las plantas esto, como ya se indicó, es resultado de la suficiencia en N residual (Cuadro 2). La mayor TCC se observó entre los 69 y 105 dds para posteriormente disminuir en el período comprendido entre los 105 y 124 dds, época en que las plantas entran en senescencia después de alcanzar su máximo IAF la cual, independientemente de la cantidad de N aplicado, se obtuvo a los 105 dds. El mayor IAF se obtuvo con la dosis de 160 Kg de N ha⁻¹, lo que coincide con su mayor producción de biomasa total y confirma la relación existente entre la magnitud del aparato fotosintético y la producción de biomasa (Cuadro 2). Independientemente de que se haya o no fertilizado, o de la cantidad de N aplicado la mayor TAN se presentó entre los 69-82 dds, y después gradualmente declinó corroborando así la asociación negativa existente entre el IAF y la TAN, ya que, como una consecuencia del incremento en sombreo mutuo de las láminas foliares, a medida que aumenta el IAF disminuye la TAN.

Cuadro 2. Dosis de nitrógeno y la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) e índice de área foliar (IAF) del cultivo de algodón. Torreón, Coah., Méx. Ciclo 2003.

Índices	Periodo (dds)	Dosis de N		
		0 kg ha ⁻¹	80 kg ha ⁻¹	160 kg ha ⁻¹
TCC (g m ⁻² día ⁻¹)	69 - 82	20.0	12.7	21.3
	82 - 105	19.7	26.9	23.1
	105 - 124	7.1	3.1	5.7
	69 - 124	15.4	15.3	16.1
TAN (g m ⁻² día ⁻¹)	69 - 82	13.52	16.01	16.7
	82 - 105	8.14	11.14	9.46
	105 - 124	2.83	1.32	2.10
	69 - 124	10.03	10.49	11.37
IAF	69	1.08	1.04	0.89
	82	1.96	1.53	1.82
	105	2.98	2.61	3.20
	124	2.11	2.04	2.31

dds = Días después de la siembra.

De acuerdo con los resultados de los análisis de varianza, la cantidad de N aplicado tampoco afectó a los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF). De acuerdo con los valores obtenidos para estos componentes, e independientemente de la cantidad de N aplicado, en todas las fases de crecimiento las plantas acumularon la misma cantidad de foto asimilados en sus láminas foliares,

que desarrollaron la misma área foliar y presentaron el mismo grosor, de acuerdo con AFE (Cuadro 3).

Cuadro 3. Relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), y relación de peso foliar (RPF) en tres dosis de Nitrógeno. Torreón, Coah. Méx. Ciclo 2003.

Índices	Periodo (dds)	Dosis de N (kg ha ⁻¹)		
		0	80	160
RAF (cm ² g ⁻¹)	69	76.33	75.66	72.78
	82	48.19	40.89	45.11
	105	34.67	28.86	35.19
	124	21.41	21.37	22.30
AFE (cm ² g ⁻¹)	69	170.25	172.80	162.57
	82	147.35	142.09	134.46
	105	151.57	149.26	163.16
	124	129.60	123.98	127.08
RPF (g g ⁻¹)	69	0.42	0.43	0.44
	82	0.34	0.35	0.34
	105	0.22	0.21	0.22
	124	0.17	0.17	0.17

dds = días después de la siembra

En todas las dosis de N los valores más altos de RAF, RPF y AFE se obtuvieron en las primeras fases de crecimiento de las plantas, y gradualmente declinaron conforme avanzó la edad del cultivo, lo que es normal ya que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los fotoasimilados en sus estructuras vegetativas y en el desarrollo de su aparato fotosintético, sucediendo posteriormente lo contrario al establecerse la fase reproductiva, con el crecimiento en número y tamaño de órganos fructíferos (Sarmah *et al.*, 1994, Escalante 1996). Los valores de RPF de las tres dosis de N fueron similares a través del desarrollo del cultivo lo cual demuestra que la planta, independientemente de la cantidad de N aplicado, regula y distribuye equitativamente en sus órganos, los fotoasimilados que produce (Cuadro 3). Resultados similares fueron reportados por Palomo y Godoy (1996).

CONCLUSIONES

Debido al contenido de N residual presente en el sitio donde se estableció el trabajo, el análisis de varianza no detectó efecto de la cantidad de N aplicado en la producción de biomasa total, en su distribución a los órganos vegetativos o reproductivos, en los indicadores del tamaño del aparato fotosintético, ni en la eficiencia fotosintética de la variedad transgénica. Sin embargo, es conveniente comentar que en el último muestreo la dosis de 160 kg de N ha⁻¹ presentó el mayor IAF y acumuló más biomasa total y más biomasa en los órganos reproductivos que las otras dosis.

LITERATURA CITADA

- Bhatt, J.G., T. Ramanujam and E. Appukuttan. 1974. Growth and nutrient uptake in a short branch strain of cotton. *Cotton Growing Rev.* 51: 130-137.
- Bondada, B. R., D. M. Oosterhuis, R. J. Norman, and W. H. Baker. 1996. Canopy photosynthesis, growth, yield, and boll ^{15}N accumulation under nitrogen stress in cotton. *Crop Sci.* 36:127-133.
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., Aguilar-Santelices, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Colección INCAPA. México, D. F.
- Escalante E., J.A. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. Pp. 28-32. *In: Agroproductividad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.*
- Escalante-Estrada, J.A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra* 17: 149-157.
- Gaytán-Mascorro, A., A. Palomo-Gil y S. Godoy-Ávila. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24(2): 197-202.
- Gaylor, M. J., G. A. Buchanan, F. R. Guillard, and R. L. Davis. 1983. Interaction among a herbicide program, nitrogen fertilization furnished plant bugs, and planting dates for yield and maturity of cotton. *Agron. J.* 75: 903-907.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. The Institute of Biology's. *Studies in Biology* No. 96. Published by Edward Arnold. 67p.
- Kerby, T. A., K. G. Cassman, M. Keerly (1990) Genotypes and plant density for narrow rows cotton systems. I. Height, nodes, earliness, and location of yield. *Crop Science* 30:644 - 649.

- Mc Connell, J. S., B. S. Frizzell, R. L. Maples, M. L. Wilkerson, G. A. Mitchell (1989)
Relationships of irrigation methods and nitrogen fertilization rates in cotton
production. Arkansas Agricultural Experimental Station Rep. 310.
- Mohamad, K. B., W. P. Saperfield, and J. M. Poehlman. 1982. Cotton cultivars
response to plant populations in a short season, narrow-row cultural system. Agron.
J. 74: 619-625.
- Palomo-Gil, G. A. y S. Godoy-Ávila. 1996. Análisis del crecimiento de la nueva
variedad "Laguna 89" y del cultivar "Deltapine 80". Agricultura Técnica en México
22(2): 145-156.
- Palomo-Gil, A., A. Gaytán-Mascorro y S. Godoy-Ávila. 2003. Rendimiento,
componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis
de nitrógeno y la densidad poblacional. Revista Fitotecnia Mexicana 26(3): 167-171.
- Palomo Gil, A., S. Godoy Ávila y J. F. Chávez-González. 1999. Ahorro en la fertilización
nitrogenada con nuevas variedades de algodón: Rendimiento, componentes de
rendimiento y calidad de fibra. Agrociencia 33: 451-455.
- Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae, their use and abuse. Crop Science.
7:171-173.
- Sarmah, P.C., S.K. Katyal y A.S. Faroda. 1994. Response of sunflower (*Helianthus
annuus L.*) cultivars to fertility level and plant population. Indian J. Agron. 39(1):76-
78.
- Unruh, B. L. and Silvertooth. 1996. Comparison between an Upland and Pima cotton
cultivars. II. Nutrient uptake and partitioning. Crop Science 24:863-868.
- 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.

LITERATURA CITADA

- Bhatt, J.G., and E. Appukuttan. 1971. Nutrient uptake in cotton in relation to plant Architecture . Plant and Soil. 35: 381-388.
- Bhatt, J.G., T. Ramanujam and E. Appukuttan. 1974. Growth and-nutrient uptake in a short branch strain of cotton. Cotton Growing Rev. 51: 130-137.
- Bordallo, N., J.A. y García C. 1986. Componentes de la calidad de fibra del Algodonero y factores que la afectan. Resumen día del algodonoero CIAN-CELALA-SARH. Matamoros COAH. Pág. 33
- Díaz, C. I. 2002. Respuesta a la fertilización Nitrogenada de nuevas variedades de algodón: Rendimiento, Componentes de rendimiento y calidad de fibra. Tesis. Pp6, 7: 14 – 17. *Compendio*
- Gaylor, M. J., G. A. Buchanan, F. R. Guilliland, and R. L. Davis. 1983. Interaction among a herbicide program, nitrogen fertilization tarnished plant bugs, and planting dates for yield and maturity of cotton. Agron. J. 75: 903-907.
- Gaytán M A, A Palomo G, S. Godoy A (2001) Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. Revista Fitotecnia Mexicana 24(2):197-202. *↳*

- 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
- Hernández, F. J. 1997. El cultivo del algodón. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora, Barinas, Venezuela. 309 pp.
- Hernández, M.F. y P. Cano Rios 1977. Desarrollo vegetativo y fructífero de dos variedades de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en tres diferentes fechas de siembra (1974, 1975 y 1976).
- Hodges, S. 1991. Nutrient uptake by cotton: A review. *Proc. Beltwide Cotton Conf.* pp 938 – 940.
- Kerby, T. A., K. G. Cassman, M. Keerly (1990) Genotypes and plant density for narrow rows cotton systems. I. Height, nodes, earliness, and location of yield. *Crop Science* 30:644-649.
- Kisser, J. 1995. Transgenic Cotton Products from Stoneville. P. 169. Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio, Tx.
- McConnell, J. S., B. S. Frizzell, R. L. Maples, M. L. Wilkerson, G. A. Mitchell (1989) Relationships of irrigation methods and nitrogen fertilization rates in cotton production. *Arkansas Agricultural Experimental Station Rep.* 310.

Mohamad K, G Kassman, J.M. Pehelman, (1982). Cotton cultivars response to plant population in a short - season narrow-row cultural system *Agronomy Journal* 74:619-625.

Niles, G. A. 1974. Growth and fruiting characteristics of short-season cotton. Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf., Natl. Cotton Coun., Memphis, Tenn. P.80.

Palomo - Gil, A., A. Gaytán - Mascorro y S. Godoy-Ávila, 2003. Rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis de nitrógeno y la densidad poblacional. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26(3): 167-171.

Palomo, G. A., A. Gaytan M. y S. Godoy A. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol.24 (2): 197-202.

Palomo G A, S Godoy A (1996) Análisis del crecimiento de la nueva variedad de Algodón Laguna 89 y del cultivar Deltapine 80. *Agricultura Técnica en México* 22:145-156.

Palomo-Gil, A., S. Godoy Ávila y J. F. Chávez-González. 1999. Ahorro en la fertilización nitrogenada con nuevas variedades de algodón: Rendimiento, componentes de rendimiento y calidad de fibra. *Agrociencia* 33: 451-455.

Phillips, J.R. 1995. Insect Management Considerations in a Bt Cotton Production System. P. 175-176. Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio, Tx.

Ray, L. L. 1970. Breeding cotton varieties for narrow row production. Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf., Natl. Cotton Coun., Memphis, Tenn. P.57.

Robles-Sánchez, R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Primera edición. Editorial Limusa. México D.F. pp. 170-176.

Silvertooth, J.C. and E.R. Norton. 1996. Implementation of N management strategies for irrigated cotton. Proc. Beltwide Cotton Conf. Vol.2: 1386.

Trolinder, N.L. 1995. How to Genetically Engineer Cotton. P. 165. Beltwide Cotton Production Research Conferences. San Antonio, Tx.

Unruh, B. L. and Silvertooth. 1996. Comparison between an Upland and Pima cotton cultivars. II. Nutrient uptake and partitioning. Crop Science 24:863-868.

Wells, R., and W. R Meredith, Jr. 1984 a. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. I. Vegetative Dry Matter Partitioning. Crop Sci. 24: 858-862

Wells, R., and W. R. Meredith, Jr. 1984 b. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. I. Reproductive Dry Matter Partitioning. *Crop Sci.* 24: 863-868.

Wojcij, P. 2001. Ecological impact of nitrogen fertilization. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* Vol. IX: 117-127.

Zhao D, D Oosterhuis (1998) Evaluation of plant growth regulators for effect the growth and yield of cotton. In: *Proc. Beltwide Research Conferences*. P. Duggar and D. Richter (eds). January 5-9, San Diego California. pp: 1482-1484.

APÉNDICE

Anexo1. Carta de recepción del Artículo I. Enviado a la revista Fitotecnia Mexicana.



REVISTA FITOTECNIA MEXICANA

CARTA DE RECEPCIÓN

14 JUNIO 2005

DR. ARTURO PALOMO GIL
CERRADA DE SAN MIGUEL NÚM. 409
COLONIA LA FUENTE
27290 TORREÓN, COAHUILA

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la REVISTA FITOTECNIA MEXICANA* intitulado:

PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA DE VARIEDADES DE ALGODÓN CON HOJA NORMAL Y TIPO OKRA

AUTORES: Arturo Palomo Gil, Jorge Arnaldo Orozco Vidal, Armando Espinoza Banda, Emiliano Gutiérrez del Río y David Guadalupe Reta Sanchez

Para su evaluación el manuscrito con clave RFM/05043, será enviado a dos revisores técnicos y a un editor. Su dictamen se hará de su conocimiento tan pronto como esté disponible

Para que este Comité pueda iniciar dicho proceso es requisito indispensable que nos regrese la forma anexa, debidamente contestada.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio, que envíe la correspondencia por correo registrado o por servicio de papelería especializada, y que nos proporcione su número telefónico, de preferencia con fax, y su correo electrónico.

Por otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

VÍCTOR A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Director

Empresas
Sociedad Mexicana de Fitopatología

Latinoamericana.

TERRA

Latinoamericana

*Difusión científica de la Sociedad Mexicana
de la Ciencia del Suelo, A.C.*

27 de Julio de 2005

DR(A) ARTURO PALOMO GIL
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna Periférico y Carretera a
Santa Fe Colonia Centro, 27000 Torreon Coahuila

Acuso recibo de su trabajo titulado

**" Dosis de Nitrogeno y su efecto en la producción y distribución de
Biomasa de Algodón Transgénico "**

el cual se ha registrado con el número 1452 y será sometido a consideración del Comité Editorial de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. para su posible publicación en la Revista *TERRA Latinoamericana*

Por favor, haga referencia a este número en la correspondencia subsecuente.

Para poder ver el estado de su artículo, deberá entrar en el sistema de la Revista *Terra Latinoamericana* () con su login y su password ya proporcionados

A T E N T A M E N T E

EL EDITOR