

INFLUENCIA DE TRES FECHAS DE SIEMBRA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DEL CULTIVO DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Influence of three sowing dates on the biological productivity of sorghum cultivation (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Naivy Hernández Córdova✉, Francisco Soto Carreño y René Florido Bacallao

ABSTRACT. In order to evaluate the influence of three planting dates on growth and supply demand relationship in the cultivation of sorghum, the work was developed at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA). Three planting dates were studied: November 2008, June 2009 and July 2009, using a density of 15 kg ha⁻¹. Plants destructive samplings were made every 15 days after emergence to harvest, determining the dry mass of organs, adjusting the data to a polynomial exponential function of the second degree, “x” was the days after the emergency “y” variable in question. From the regression equations the net assimilation rate (NAR) and leaf area ratio (RAF) were calculated. The relationship between the power source and power demand was also calculated and found to greater efficiency in the use of radiation leads to higher maximum in (NAR) and the potential between the supply and demand organs and therefore a greater accumulation of biomass in next time to physiological maturity, standing out in this case the dates of June and July 2009 which expressed more efficient in relation to growth rates assessed behavior, resulting in these higher yields.

Key words: dry matter content, productivity, yield

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales que por sus características agronómicas y nutricionales pudiera aportar grandes beneficios en la alimentación, tanto humana como animal, a nivel mundial, tropical y nacional (1).

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700

✉ naivy@inca.edu.cu

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con el objetivo de evaluar la influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda en el cultivo del sorgo. Se estudiaron tres fechas de siembra: noviembre de 2008, junio de 2009 y julio de 2009, utilizándose una densidad de 15 kg ha⁻¹. Se realizaron muestreos destructivos cada 15 días de emergidas las plantas hasta la cosecha, determinándose la masa seca por órgano. Los datos se ajustaron a una función exponencial polinómica de segundo grado, “x” fue los días después de la emergencia y “y” la variable en cuestión. A partir de las ecuaciones de regresión se calcularon la tasa de asimilación neta (NAR) y la relación de área foliar (RAF). También se calculó la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda. Se encontró que una mayor eficiencia en el uso de la radiación conlleva a valores máximos más elevados en la (NAR) y en los potenciales entre los órganos fuente y demanda y por tanto a una mayor acumulación de biomasa en momentos próximos a la madurez fisiológica. Se destacaron en este caso las fechas de junio y julio de 2009; las cuales manifestaron un comportamiento más eficiente en relación con los índices de crecimiento evaluados, obteniéndose en estas los mayores rendimientos.

Palabras clave: contenido de masa seca, productividad, rendimiento

En condiciones de baja humedad del suelo, el sorgo mantiene una actividad fisiológica similar a la de las plantas con suficiente humedad mediante el aumento de longitud de la raíz, la densidad, y la eficiencia del uso del agua. Su biomasa se utiliza de diversas maneras para la producción de energía, de fibra o papel, así como de jarabe en varias regiones.

Este cultivo se adapta bien a las condiciones de Cuba, el cual mostró un incipiente desarrollo que desapareció de forma paralela a la colaboración del CAME (Consejo de Ayuda Mutua Económica).

Hoy no existe una amplia tradición y experiencia en cuanto a su producción; sin embargo, diferentes ensayos indican que los rendimientos son satisfactorios y que pudieran incrementarse si se contara con tecnologías apropiadas y sustentables que permitieran expresar todo su potencial (1).

El rendimiento de un cultivo depende de su capacidad de crecimiento y la producción de asimilados y de qué parte de ellos destina a los órganos de interés económico. El crecimiento resulta del aprovechamiento de la luz solar en la fabricación de los componentes constituyentes y funcionales de los distintos órganos de la planta. Por lo tanto, está directamente relacionado con la capacidad de la copa para capturar la luz incidente. Las consecuencias de la modificación del momento de implantación del cultivo sobre su crecimiento resultan de la incidencia de la temperatura, la radiación y el fotoperiodo sobre su fenología, el desarrollo del área foliar y la acumulación de materia seca (2).

En el cultivo de sorgo se plantea que el rendimiento del grano está determinado casi totalmente por la movilización de asimilados producto de la fotosíntesis laminar realizada durante la etapa de llenado de la semilla, o sea, la etapa post-antesis. La contribución de la fotosíntesis laminar pre-antesis es un factor importante, puesto que contribuye hasta con 12 % del rendimiento de la semilla (3). Por tanto la productividad de los cultivos está gobernada por complejas interacciones entre el clima y los procesos ecofisiológicos que estos conllevan. El éxito productivo no solo depende de la intensidad de los estímulos climáticos sino también de la secuencia temporal de estos durante el ciclo de la vida de los cultivos (2).

La eficiencia fotosintética de las plantas cultivadas y la producción total pueden determinarse mediante el empleo de índices de crecimiento, los cuales, indican la eficacia de las plantas para aprovechar los factores ambientales y la forma en que estas distribuyen sus asimilados (4). Por tanto el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente demanda del cultivo del sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el área experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en San José de las Lajas, Mayabeque, situado a 138 m s.n.m. Se establecieron tres fechas de siembra: 18 de noviembre de 2008, 12 de junio de 2009 y 31 de julio de 2009, sobre un suelo Ferralítico Rojo (5), siguiendo las recomendaciones para la producción del cultivo (6). En el sorgo var. ISIAP Dorado, se utilizó una densidad de siembra de 15 kg ha⁻¹ de semilla. Semanalmente y a partir de los 15 días después de la emergencia (DDE) se determinó mediante muestreos destructivos, los siguientes indicadores:

Índice de área foliar (IAF): para ello se estimó el área foliar por el método del disco en base a masa seca.

Rendimiento en grano seco: los datos de los indicadores de crecimiento se ajustaron a una función exponencial polinómica de segundo grado, calculándose a partir de esto, la masa de seca por órganos, la tasa de asimilación neta (TAN) de la masa seca y la relación de área foliar (RAF).

Adicionalmente, se determinó la fuerza o potencia de fuente y de demanda de cada fecha de siembra a lo largo del ciclo del cultivo, utilizando las fórmulas propuestas por Castellanos y colaboradores (7).

Potencia de la fuente=Tamaño de la fuente (Área Foliar)*Actividad de la fuente (TAN)

Potencia de la demanda=Tamaño de la demanda (materia seca espiga)* Actividad de la demanda (TRC espiga)

Los datos de temperatura media del aire se tomaron de la estación meteorológica de Tapaste, próxima al sitio experimental, no teniéndose en cuenta los datos de las precipitaciones ya que al mismo se le aplicó riego siempre que fue requerido (Figura 1).

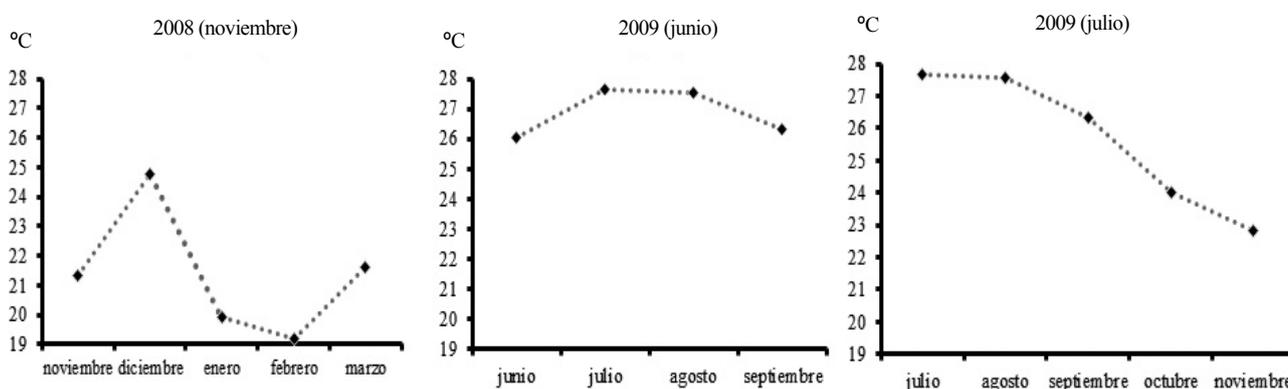


Figura 1. Comportamiento de las temperaturas durante las tres fechas de siembra

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 indica la dinámica de crecimiento de la masa seca por órganos de la parte aérea en las fechas de siembra estudiadas. En cuanto al acumulado de la masa seca de las hojas, los mayores valores se obtuvieron en la fecha de siembra de julio de 2009 con un valor máximo de $389,2 \text{ g m}^{-2}$ a los 100 días después de la emergencia, continuados de la fecha de noviembre de 2008 la cual logró el máximo acumulado a los 75 días con un valor de $319,9 \text{ g m}^{-2}$ y la siembra de junio de 2009 con un acumulado máximo de $306,6 \text{ g m}^{-2}$ a los 87 días. Estos valores máximos alcanzados coincidieron con un estado fenológico de las plantas para cada fecha de siembra, los cuales se corresponden con la madurez fisiológica (julio 2009), la antesis (noviembre 2008) y el estado masoso del grano (junio de 2009). De esta forma la fechas de siembra de junio y julio de 2009 presentaron un máximo desarrollo foliar en un estado fenológico más próximo a la cosecha.

Las curvas de acumulado de masa seca de los tallos muestran que los mayores acumulados se presentan en las fechas de siembra de junio y julio de 2009 con $809,1 \text{ g m}^{-2}$ y $734,9 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente. Estos máximos valores se obtuvieron en estadios más próximos a la cosecha respecto a la siembra de noviembre de 2008 según se muestra en la tabla de valores máximos. Se plantea que los procesos biofísicos que controlan la producción de biomasa aérea y el rendimiento de los cultivos a una tasa potencial, son la cantidad de radiación solar absorbida por la vegetación y la utilización de esta energía en el crecimiento vegetal (8).

Por su parte, las curvas de acumulado de masa seca de las espigas muestran que a los 83 y 96 días los valores máximos alcanzados correspondieron a las fechas de siembra de julio y junio de 2009 con $842,4 \text{ g m}^{-2}$ y $813,1 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente, seguidas de la fecha de siembra de noviembre de 2008.

Los resultados obtenidos pudieran estar dados por el comportamiento de las temperaturas durante el período en el cual se llevaron a cabo los experimentos. Pues durante las fechas de siembra de junio y julio de 2009, fechas en las cuales se obtuvieron valores máximos de acumulados de masa seca, los datos de temperatura reportados fueron superiores a los alcanzados durante todo el ciclo del cultivo respecto a la fecha de siembra de noviembre de 2008 (Figura 1). Si se tiene en cuenta que el sorgo se considera una planta de clima cálido que responde a temperaturas altas y la óptima para su desarrollo está entre 29 y $30 \text{ }^\circ\text{C}$; debido a sus características morfológicas, ya que presenta un buen crecimiento del sistema radical, con un bajo nivel de transpiración en relación con la alta capacidad de absorción radicular y una cubierta cerosa en los tallos y hojas que lo hacen un cultivo muy eficiente ante tales condiciones (9-11).

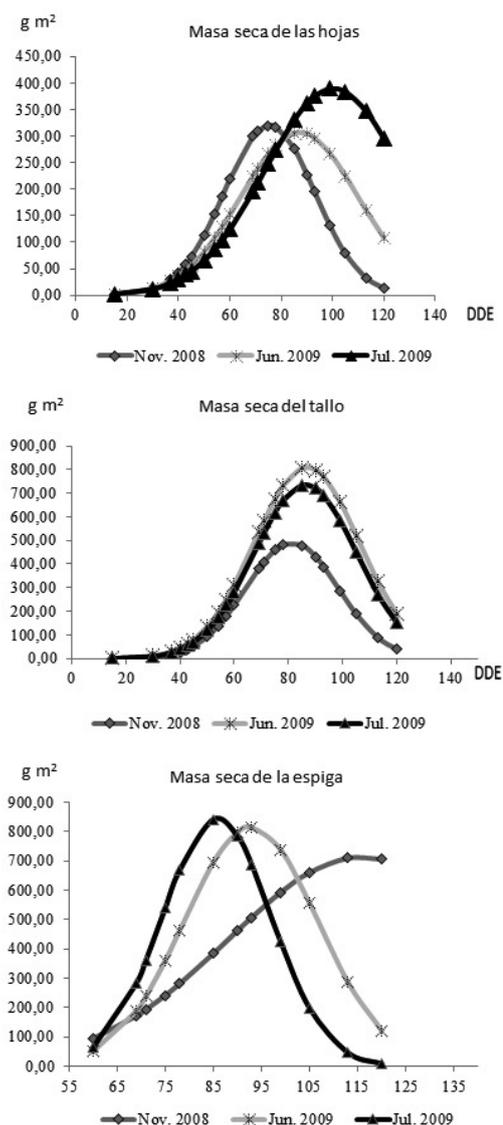


Figura 2. Comportamiento de la materia seca por órganos en cada una de las fechas de siembra

La acumulación de materia seca en un vegetal es un proceso que además de los factores internos de la planta, gobernado en este caso específico por el comportamiento de la fotosíntesis y la respiración, depende en gran medida también, de los externos (ambiente) (12).

La producción de materia seca total es el resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. Sin embargo, esta eficiencia puede estar influenciada por la cantidad de radiación solar, la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el índice de área foliar, la arquitectura de la planta, la respiración, entre otros; lo que se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo (13-15).

Según se plantea (12), en una planta el número de hojas está determinado genéticamente y se ha asumido que la velocidad del incremento foliar dado por el número de hojas presentes en algún momento y el desarrollo que estas alcancen, estará en dependencia directa del incremento de las temperaturas.

La tasa de asimilación neta (TAN) es una medida de la eficiencia del follaje, que es la principal fuente de fotoasimilados para la producción de materia seca. Este índice registra la velocidad de la fotosíntesis neta en un lapso de tiempo, y se debe conocer el cambio de los valores del área foliar y del peso seco de la planta (16). La Figura 3 muestra el comportamiento de la TAN, la cual presentó los mayores valores hasta 45 días después de la emergencia en las tres fechas de siembra, debido a que las plantas se encontraban en el inicio de la etapa vegetativa. Diferentes autores (17,18), expresaron que la TAN muestra mayores valores en los primeros estadios de desarrollo de la planta, etapa en la que existe mayor exposición a la radiación total, condición que se hace contraria en los estados más avanzados de crecimiento de las plantas.

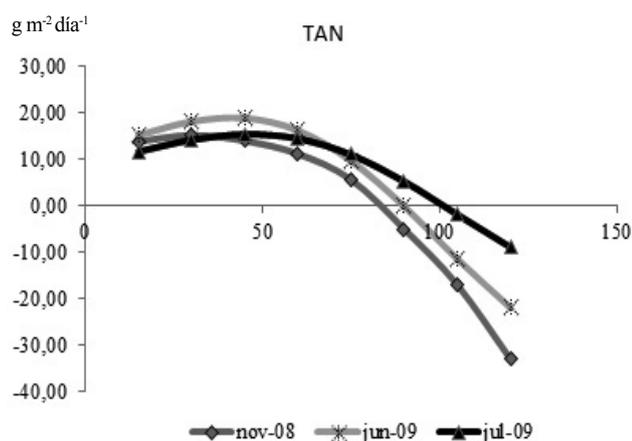


Figura 3. Comportamiento de la tasa de asimilación neta en tres fechas de siembra

Luego de alcanzar los valores máximos la TAN disminuyó (después de los 45 días) en las tres fechas de siembras; sin embargo, los valores mínimos se obtuvieron primeramente en las fechas de noviembre de 2008 y junio de 2009 a los 90 días después de la emergencia y a los 105 días se alcanzaron estos valores para la siembra de julio de 2009. Lo anteriormente expuesto indica que para esta fecha de siembra, las plantas mostraron que la eficiencia fotosintética se mantuvo por un período de tiempo mayor. Según estudios realizados se plantea (19), que cada especie responde de manera particular a los estímulos de radiación que recibe del ambiente, siendo diferentes estas respuestas incluso dentro de una misma especie en diversas etapas fisiológicas del desarrollo.

Resultados similares a este estudio fueron reportados en otra investigación (20), encontrando en la variedad 'Río Grande' de tomate una TAN mayor en los primeros estados de desarrollo de plantas expuestas a radiación total, condición que se hizo contraria en los estados más avanzados de crecimiento.

Así, estudios realizados mostraron que tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) para semilla alcanzaron un valor máximo de TAN ($10 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) (21), a pesar de ser una especie con metabolismo C_3 , cuando crecieron con 100 % de la radiación durante todo el ciclo de cultivo, y disminuyó en las plantas que crecieron con 40 y 70 % de radiación incidente.

Una disminución en la TAN luego de alcanzar el punto máximo pudiera estar dado, debido al aumento de la edad de las hojas unido al auto-sombreo de las hojas inferiores de la planta reduciéndose así la eficiencia fotosintética. En este sentido se plantea (22), que la reducción de la TAN con el desarrollo se debe a disminuciones en las tasas fotosintéticas más que al aumento de las pérdidas respiratorias de la planta.

Al observar los resultados obtenidos se puede apreciar que la fecha de siembra de junio de 2009 presentó valores más elevados en la TAN; los cuales se alcanzaron en la fase fenológica de formación del buche. Con valores intermedios se ubicó la siembra de julio de 2009, los cuales se obtuvieron en la fase de formación de la espiga y en el último extremo, con una TAN menor, la fecha de noviembre de 2008, en la que su máxima eficiencia fotosintética correspondió a la fase fenológica de formación de la oncena hoja. Estas variaciones en la eficiencia fotosintética entre fechas podrían deberse al ambiente, lo cual se puede comprobar a partir del comportamiento de las temperaturas presentadas durante los experimentos. Por otra parte, según se plantea, la temperatura y la radiación interceptada para las condiciones de Cuba, durante los meses de junio y julio coinciden con los máximos valores (23).

De lo anteriormente expuesto se deriva, que las fechas que mostraron valores máximos de TAN, lograron mayor producción de materia seca aérea en momentos más próximos a la cosecha y que esta se mantuvo de igual manera por un periodo de tiempo más prolongado; lo que se traduce en una mayor eficiencia fotosintética. En estudios realizados al cultivo del maíz afirman que la producción de materia seca total es el resultado de la eficiencia del follaje en la interceptación y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento (24).

En la Figura 4 se reafirma el criterio planteado anteriormente, pues se presenta la relación de área foliar (RAF) en las tres fechas de siembras, la cual es una medida del balance entre la capacidad fotosintética potencial y el costo respiratorio potencial.

En la misma se puede observar además que durante los primeros estadios de crecimiento, las plantas alcanzaron los máximos valores en dicho indicador para todas las fechas de siembra, lo cual pudiera indicar una máxima capacidad fotosintética potencial (25), los mismos gradualmente disminuyeron a medida que avanzó la edad del cultivo. La disminución en los valores de RAF a medida que el sorgo avanza en edad es normal, ya que en las primeras etapas de crecimiento, las plantas invierten una gran cantidad de sus fotoasimilados en la conformación de su estructura vegetativa, invirtiéndose esta relación cuando se establece la fase reproductiva (26).

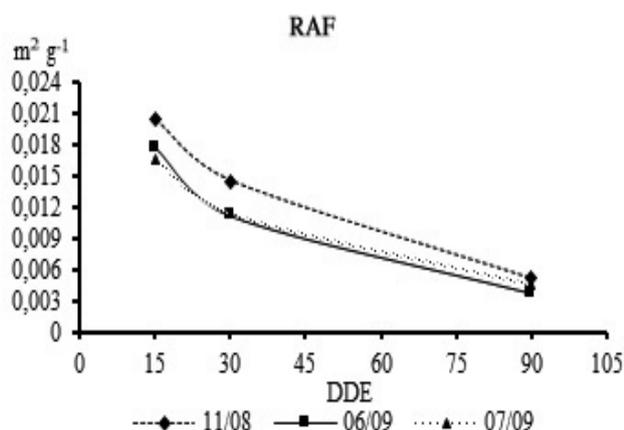


Figura 4. Comportamiento de la relación de área foliar en tres fechas de siembra

La siembra de noviembre de 2008 presentó los valores de RAF más altos durante gran parte del ciclo del cultivo; sin embargo, las fechas de junio y julio de 2009, alcanzaron valores más bajos. Estos resultados están dados debido al comportamiento de las temperaturas las cuales durante estas dos últimas fechas de siembra las plantas estuvieron expuestas a temperaturas más elevadas y por tanto mayores radiaciones incidentes, sucediendo lo contrario en la fecha de noviembre de 2008. Lo cual indica que las bajas radiaciones estimularon un incremento de la relación de área foliar en las plantas.

De igual forma, en las tres fechas de siembra se observa una disminución progresiva de este indicador, puesto que según se plantea (27), la disminución en los valores de RAF conforme avanza la edad del cultivo es normal, ya que en las primeras etapas de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de fotoasimilados en el establecimiento de su aparato foliar; cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en otros órganos de la planta.

La cantidad de radiación solar absorbida por la vegetación y la utilización de esta energía en el crecimiento vegetal constituyen los procesos biofísicos que controlan la producción de biomasa y el rendimiento de los cultivos a una tasa potencial (7).

Los resultados obtenidos de la determinación de los potenciales de fuente y demanda se observan en la Figura 5. La misma muestra que las fechas de siembra de junio y julio de 2009 alcanzaron una potencia de la fuente superior y en un estado fenológico más avanzado que la siembra de noviembre de 2008. Lo cual puede que evidencie que estas fechas de siembra presentaron una eficiencia mayor de su aparato fotosintético en un estadio más próximo a la formación del rendimiento.

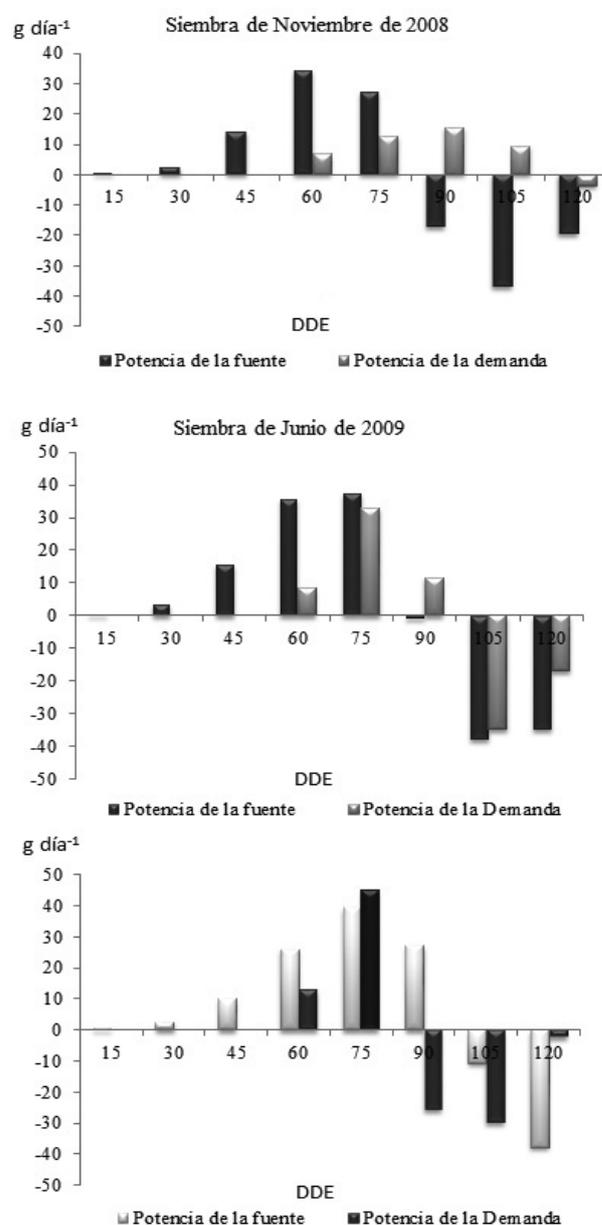


Figura 5. Comportamiento de la relación fuente demanda en las tres fechas de siembra

De igual forma, la potencia de la demanda muestra un comportamiento similar al de la potencia de la fuente para las fechas de siembra, como se muestra en dicha figura. La fecha de siembra de junio y julio de 2009 alcanzaron los valores máximos a los 75 días después de emergidas las plantas con 32,9 y 44,9 g día⁻¹, alcanzando esta última un valor superior con respecto a la anterior. La siembra de noviembre 2008 presentó la máxima potencia de la demanda a los 90 días con un valor de 15,46 g día⁻¹. La producción de asimilatos por las hojas y el punto en el cual ocurre la acumulación, que en este caso se representa por los órganos que son cosechados, tiene una influencia significativa en el rendimiento del cultivo (28).

Como se evidencia en los resultados obtenidos, entre las fechas de siembra existe un comportamiento diferente en cuanto a la potencia de los órganos demanda, coincidiendo para las fechas de junio y julio de 2009 con la máxima potencia de la fuente, mostrando estas fechas una mayor habilidad de los órganos demanda para obtener asimilados, lo cual puede estar relacionado con la rápida división y expansión celular, que se refleja en una fase lineal de acumulación de materia seca de los órganos fuentes de la planta. Este proceso implica una mayor descarga floemática de fotoasimilados en este tejido vertedero y por ende una mayor fuerza como tejidos "demandantes" de carbohidratos y otras sustancias orgánicas (7).

Por lo anterior, es de esperar que las fechas de siembra evaluadas presenten periodos en los cuales los valores de potencia de fuente y potencia de demanda sean muy similares, indicando habilidades equivalentes para producir asimilados en las hojas y para obtenerlos en las espigas. En el caso de las fechas de siembras de junio y julio de 2009 estos se presentaron a los 75 días donde se obtuvieron los mayores potenciales de fuente y demanda, mientras que en la fecha de noviembre 2008 ocurrió en el periodo correspondiente a los 75-90 días después de la emergencia. Según se plantea, este fenómeno tiene implicaciones a nivel agronómico si se tiene en cuenta que una disminución en el área foliar ocasionada por problemas fitosanitarios, puede resultar en baja potencia de fuente lo que puede conducir a bajos rendimientos (7).

Como también se puede observar en la figura anteriormente mencionada, en la fecha de siembra de junio 2009, después de los 75 días, se observó que la potencia de la fuente en este intervalo de tiempo es más baja en comparación con la potencia de la demanda; incluso, el follaje se encuentra en etapa de senescencia en este periodo del ciclo del cultivo, por lo que se presume la posibilidad de un almacenamiento temporal en los tallos antes de la acumulación final de asimilados por las espigas, en la etapa final.

Además una característica de varias plantas que se ha planteado con anterioridad (29), es la habilidad para almacenar temporalmente metabolitos fotosintéticos y nutrientes en tejidos a lo largo de la vía de transporte entre la fuente y la demanda, quedando disponible para un uso posterior en la planta ya sea porque la demanda se incrementa o porque la disponibilidad de fotoasimilados se reduce en un momento dado.

En cuanto al comportamiento del rendimiento (Figura 6) es importante mencionar que se evidencian diferencias en cuanto a las fechas de siembra, aquellas fechas que mostraron un comportamiento más eficiente del aparato fotosintético; así como, mayor acumulado de masa seca presentaron rendimientos más altos, lo cual puede ser debido a que durante estas fechas existieron condiciones más favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas y por tanto una mayor productividad del mismo; sobre todo debido el comportamiento de las temperaturas durante todo el ciclo del cultivo, las cuales fueron más favorables durante las siembras de junio y julio de 2009, en este sentido según se plantea (11) que el sorgo es un cultivo considerado como muy eficiente en cuanto a las condiciones medioambientales.

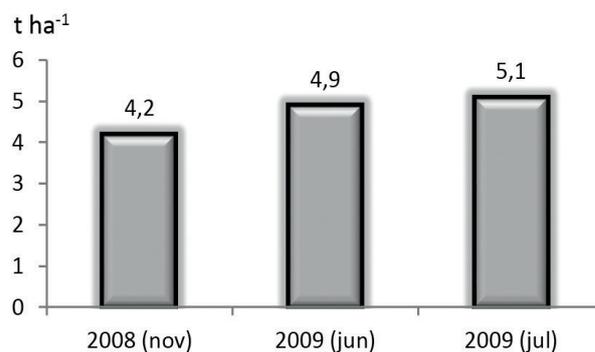


Figura 6. Comportamiento del rendimiento en las tres fechas de siembra

Es importante destacar que durante estas fechas se mostraron valores máximos más elevados de TAN, así como en los potenciales entre los órganos fuente y sumidero, por lo que las condiciones que se presentan durante el ciclo del cultivo y el estado que se alcance durante su establecimiento y sobre todo en una fase más próxima a la madurez fisiológica implicará mayores rendimientos.

Se ha estudiado en los diferentes cultivos agrícolas la relación entre la biomasa total y el rendimiento económico, además de forma general, se resalta que a mayor producción de materia seca total, mayor rendimiento, por lo que se destaca que la distribución de materia seca dentro de la planta juega un papel importante en la determinación del rendimiento (15).

De los dos componentes del rendimiento principales, el número de granos es el más sensible a las variaciones ambientales y a la disponibilidad de componentes como la radiación, la temperatura, el agua y los nutrimentos en el suelo; mientras que el peso de grano es más estable y depende principalmente de la relación fuente/demanda durante el periodo de llenado de grano (30).

Las prácticas de manejo agronómico tienen un papel importante en la determinación del rendimiento final en el cultivo de maíz, como lo es la fecha de siembra, porque puede modificar sensiblemente la duración del ciclo ontogénico y la capacidad de captura de radiación solar; esto impacta la producción de masa seca y el rendimiento del grano (31).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos cabe destacar que los rendimientos en el cultivo del sorgo estuvieron influenciados por la fecha de siembra y los valores máximos del mismo estuvieron en correspondencia con una mayor eficiencia en el uso de la radiación solar incidente lo cual conllevó a valores superiores en la tasa de asimilación neta (TAN) y en los potenciales entre los órganos fuente y sumidero y por tanto a una mayor acumulación de biomasa en momentos próximos a la madurez fisiológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Pérez A, Saucedo O, Iglesias J, Wencomo HB, Reyes F, Oquendo G, et al. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pastos y Forrajes. 2010;33(1):1–1.
- Hernández N, Soto F, Plana R. Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. Cultivos Tropicales. 2015;36(1):86–92.
- Valadez-Gutiérrez J, Mendoza-Onofre LE, Vaquera-Huerta H, Córdova-Téllez L, Mendoza-Castillo M del C, García-de los Santos G. Raleo de flores, rendimiento de semilla y distribución de materia seca post-antesis en sorgo. Agrociencia. 2006;40(3):303–14.
- Rodríguez-Cabello J, Díaz-Hernández Y, Pérez-González A, Fundora LR, Rodríguez-Hernández P. Análisis del crecimiento de un genotipo silvestre de *Carica papaya* L. cultivado *ex situ* y cv. "Maradol Roja". Cultivos Tropicales. 2015;36(3):96–105.
- Hernández JA, Pérez JJM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
- Canet R, Rivero L, Armenteros MA. Guía técnica para el cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). La Habana, Cuba; 2013. 36 p.
- Castellanos M, Segura M, Núñez CE. Growth Analysis and Source-Sink Relationship of Four Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L) in the Zipaquirá Town (Cundinamarca Colombia). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 2010;63(1):5253-66.
- de la Casa A, Ovando G, Bressanini L, Martínez J, Rodríguez A. Eficiencia en el uso de la radiación en papa estimada a partir de la cobertura del follaje. Agriscientia. 2011;28(1):21-30.
- Diez M, Sardiña C. Ensayo comparativo de materiales de sorgo para silo en ambientes con y sin limitantes edáfica. Memoria Técnica. 2013;2011-2012:135-38.
- Salinas R, Luis J, Mamadou Bâ K, Bucio K, Arturo H, Magaña HF. Estimación de la demanda hídrica del trigo y sorgo en el Estado de México mediante la recalibración de KT. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2013;22(1):72-6.
- Maqueira-López LA, et al. Behavior of growth and agricultural yield of two sorghum varieties (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the dry season in Los Palacios town. Cultivos Tropicales. 2016;37(3):103-8.
- Jerez E, Martín R. Comportamiento del crecimiento y el rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosum* L.) Spunta. Cultivos Tropicales. 2012;33(4):53-8.
- Díaz E, Morales EJ, Franco O, Domínguez A. Atenuación de luz radiación interceptada y rendimiento de maíz en función del fósforo. Terra Latinoamericana. 2010;29(1):65-72.
- Fajardo D, Haynes KG, Jansky S. Starch Characteristics of Modern and Heirloom Potato Cultivars. American Journal of Potato Research. 2013;90(5):460-9. doi: 101007/s12230-013-9320-5.
- Molahlehi L, Steyn JM, Haverkort AJ. Potato Crop Response to Genotype and Environment in a Subtropical Highland Agro-ecology. Potato Research. 2013;56(3-6):237-58. doi: 101007/s11540-013-9241-1.
- Morales EJ, Guerrero M, Díaz E, Cruz AJ, Medina N, Morales EJ. Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. Agrociencia. 2015;49(2):163-76.
- Fortes D, Herrera RS, García M, Cruz AM, Romero A. Growth analysis of the *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT- 115 in the biomass bank technology. Cuban Journal of Agricultural Science. 2014;48(2):167-72.
- Barrera J, Suárez D, Melgarejo LM. Plant Growth Analysis. In: Melgarejo LM, editor. Experiments in plant Physiology. 1st ed. Universidad Nacional de Colombia; 2010. p. 25-38.
- Yescas P, et al. Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2016;7(1):185-94.
- Páez A, Paz V, López J. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv "Río Grande". Revista Facultad Agronomía (LUZ). 2000;17(2):173-84.
- Flores LR, Sánchez CF, Rodríguez JE, Mora AR, Colinas MT, Lozaya SH. Influencia de la radiación solar en la producción de semilla — tubérculo de papa bajo cultivo sin suelo. Revista Chapingo Serie Horticultura. 2009;15(1):25–30.

22. Fortes D, et al. *Pennisetum purpureum* vc Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa Indicadores morfofisiológicos. Cuban Journal of Agricultural Science. 2015;49(4):221-7.
23. Cabrera A, Terán Z, Soto F, Bertolí M. Época de plantación de la Jamaica en Cuba. In: Gómez JF, editor. Avances científicos y tecnológicos de la cadena productiva del cultivo de la Jamaica. 1st ed. México; 2009. p. 224.
24. Orozco JA, et al. Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2016;7(1):185-94.
25. Bagheri A, Hasanzvandi M. Analysis of Safflower leaf growth indices using regression modeling. Journal Agriculture Crop Sciences. 2013;5(22):2752-60.
26. Ramirez-Seanez AR, et al. Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional. Agronomía Mesoamericana. 2012;23(2):259-67.
27. Gaytán A, Palomo A, Godoy S. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. Revista Fitotecnia Mexicana. 2001;24(2):197-202.
28. Jerez ME, Martín MR, Morales GD. Comportamiento de la acumulación y distribución de masa seca en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Cultivos Tropicales. 2015;36(4):70-6.
29. Wardlaw IF. The control of carbon partitioning in plants. New Phytologist. 1990;116(3):341-81.
30. Noriega LA, et al. Phenology plant growth and floral synchrony of the parental lines of H-374C QPM maize hybrid. Revista Mexicana Ciencia Agrícola. 2011;2(4):489-500.
31. Contreras A, Martínez CG, Estrada G. Eficiencia en el uso de la radiación por híbridos de maíz de Valles Altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana. 2012;35(2):161-9.

Recibido: 20 de septiembre de 2016

Aceptado: 23 de diciembre de 2016