

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto del Azofert® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego

Azofert® effect in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) under two irrigation regimes

Wilfredo Estrada Prado^{1*}, Licet Chávez Suárez¹, Eduardo Jerez Mompie², María Caridad Nápoles García², Yariuska Caridad Maceo Ramos¹, Cristóbal Cordoví Domínguez¹

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Departamento de Genética y Ecofisiología Vegetal, Carretera Vía Manzanillo Km 16 1/2, Bayamo, Granma, Cuba, CP 85100

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Carretera Tapaste km 3, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700

E-mail: estrada@dimitrov.cu; ejerez@inca.edu.cu

RESUMEN

Se evaluó el efecto del Azofert® en plantas de frijol sobre el contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos, sometidas a dos regímenes de riego. El experimento se desarrolló en el cuarto de luces del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque. Se utilizaron las variedades CC-25-9R y Tomeguín-93. En cada caso se aplicó Azofert®, con una dosis 200 mL por cada 50 kg de semilla en el momento de la siembra y como controles se utilizaron tratamientos sin la aplicación de este producto. Los tratamientos de riego consistieron en aplicar el 100 y el 50 % de la capacidad máxima de retención de humedad. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. Se seleccionaron 10 plantas al azar por cada tratamiento para evaluar la masa fresca de las hojas, masa turgente, masa seca de las hojas, contenido relativo de agua y concentración de pigmentos fotosintéticos. Los resultados mostraron que las plantas de frijol se ven afectadas al ser sometidas a un déficit de humedad en el suelo y la inoculación con Azofert®, fue capaz de atenuar los efectos de la deficiencia de agua. El contenido relativo de agua disminuyó de forma significativa en ambas variedades cuando se redujo la humedad. El contenido de clorofila b se afectó en las dos variedades cuando se sometieron a las condiciones de estrés hídrico. El contenido de carotenoides en la variedad CC-25-9R tuvo un incremento significativo en condiciones de estrés hídrico.

Palabras claves: clorofilas, caroteno, contenido relativo de agua, estrés hídrico

ABSTRACT

The effect of Azofert® on bean plants on the relative water content and the pigments concentration under two irrigation regimes was evaluated. The experiment was carried out in the light room of the Department of Plant Physiology and Biochemistry of the National Institute of Agricultural Sciences, San José de las Lajas, Mayabeque. The varieties CC-25-9R and Tomeguín-93 were used. In each case, Azofert® was applied, with a dose of 200 mL per 50 kg of seed at the time of sowing and as controls were used treatments without the application of this product. The irrigation treatments

consisted of applying 100 and 50 % of the maximum moisture retention capacity. A completely randomized design was used. Ten plants were selected at random for each treatment to evaluate fresh leaf mass, saturated mass, fresh leaf mass, relative water content and concentration of photosynthetic pigments. The results showed that the bean plants are affected when subjected to a soil moisture deficit and the inoculation with Azofert® was able to attenuate the effects of water deficiency. The relative water content decreased significantly in both varieties when humidity is reduced. The chlorophyll b content was affected in both varieties when subjected to water stress conditions. The content of carotenoids in the CC-25-9R variety had a significant increase in water stress conditions.

Keywords: clorophyll, caroten, relative water content, hydric stress

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas después de los cereales, constituyen la fuente principal de alimentos de origen vegetal y es una de las principales fuentes proteicas. El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa alimenticia más importante en el trópico de América Latina y África oriental y meridional (Dell *et al.*, 2017).

El frijol es la especie de las leguminosas de grano más importante del mundo para el consumo humano, debido a que proporciona una fuente significativa de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta humana. Para más de 300 millones de personas en el mundo, el frijol es un componente importante de la dieta diaria (Estrada *et al.*, 2017).

El cambio climático modifica los patrones globales de precipitación y la intensidad y frecuencia de las sequías (Urbina *et al.*, 2015).

El cultivo del frijol común está influenciado por un grupo de factores climático, edáfico y biótico en Cuba, entre los cuales pueden producirse complejas interacciones (Corzo *et al.*, 2015). Debido a eso se plantea que el 60 % de la producción mundial se obtiene bajo condiciones de déficit hídrico, lo que lleva a considerar la sequía como el segundo factor limitante para su rendimiento, después de las enfermedades. La sequía constituye uno de los estreses más importantes, inhibe el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos (Seckin, 2014), por lo que afecta la sostenibilidad de la agricultura.

En la búsqueda de vías para aumentar la producción de alimentos, en las condiciones del cambio climático que impone sequías intensas y prolongadas, surgen muchos productos naturales que permiten a las plantas superar las situaciones de estrés, lo que favorece el crecimiento, desarrollo y rendimiento, entre los que se encuentran biofertilizantes y bioestimulantes (Álvarez, 2014).

En tal sentido el Azofert® es un inoculante a base de bacterias del género *Rhizobium*, capaz de asociarse con las plantas leguminosas y formar nódulos en sus raíces, dentro de los cuales fijan el nitrógeno del aire y lo brindan directamente a la planta, por lo que se reduce de esta forma el uso de fertilizante químico (Nápoles *et al.*, 2016).

Por todo lo anterior se desarrolló un experimento con el objetivo de evaluar efecto del Azofert® sobre el contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos en plantas de frijol, en condiciones de estrés hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. El experimento se realizó bajo condiciones semicontroladas en un cuarto de luces, para evitar el efecto de las precipitaciones y el rocío, con un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 de oscuridad, 24 ± 2 °C de temperatura y 67 % de humedad relativa. Se utilizaron recipientes plásticos de una capacidad de 441 cm³ con perforaciones en el fondo para posibilitar el drenaje. En cada recipiente se depositó el sustrato compuesto con 400 g de suelo Pardo sin Carbonato. Desde la siembra se mantuvieron los recipientes con 100 mL de agua; o sea, a capacidad máxima de retención de humedad, el cual se evaluó por el método gravimétrico con pesaje cada 24 horas añadiéndose el agua perdida por evapotranspiración. A partir de los 15 DDS que se corresponde con la fase de la primera hoja trifoliada, las plantas se sometieron a dos suministros de agua consistente en: N1: Humedad al 100 % y N₂: Humedad al 50 % de la capacidad máxima de retención.

Se utilizaron semillas comerciales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de las variedades CC-25-9R y Tomeguín-93 (Minag, 2018). Las semillas empleadas para la siembra se separaron en dos grupos, uno sin inocular y otro inoculado con Azofert® para lo cual se aplicaron 200 mL por cada 50 kg de semilla en el momento de la siembra. Se establecieron ocho tratamientos que consistieron en:

- **T1:** CC-25-9R + Humedad al 100% CC + Azofert®
- **T2:** CC-25-9R + Humedad al 100% CC - Azofert®
- **T3:** CC-25-9R + Humedad al 50% CC + Azofert®
- **T4:** CC-25-9R + Humedad al 50% CC - Azofert®
- **T5:** Tomeguín-93+ Humedad al 100% CC+ Azofert®
- **T6:** Tomeguín-93 + Humedad al 100% CC - Azofert®
- **T7:** Tomeguín-93 + Humedad al 50% CC + Azofert®
- **T8:** Tomeguín-93 + Humedad al 50% CC - Azofert®

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. A los 24 y 31 días después de la siembra se muestrearon 10 plantas por tratamiento a las 7 am, para un total de 80 plantas, a las que se le determinó el Contenido Relativo de Agua (CRA) de acuerdo al procedimiento de medición por gravimetría descrito por Yamasaki y Rebello (1999), se utilizó la siguiente ecuación:

$$CRA(\%) = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100 \quad (1)$$

MF- Masa Fresca

MS- Masa Seca

MT- Masa Turgente

Para determinar la concentración de pigmentos (clorofila a, b y carotenos) se siguió la metodología de Lichtenthaler y Wellburn (1984). Se realizaron cinco repeticiones. Para ello se pesó un gramo de tejido foliar y después de cortado en pequeños pedazos, se maceraron con alcohol etílico (96 v/v), filtraron a través de un papel de filtro de poros finos, y se completó el contenido hasta un volumen de 50 mL con alcohol etílico. Posteriormente fue leída la absorbancia a 665,

649 y 470 nm para la clorofila a (Cla), b (Clb) y los carotenos respectivamente e inmediatamente se calculó la concentración de pigmentos en µg por cada ml de extracto-1, según las ecuaciones siguientes:

$$Cla = 13,95 \times A665 - 6,68 \times A649$$

$$Clb = 24,96 \times A649 - 7,32 \times A665$$

$$C_{x+c} = \frac{(1000 \times A470 - 2,05 \times Cla - 114,8 \times Clb)}{245}$$

A 470, A 649, A 665: absorbancias a 470, 649 y 665 nm

Adicionalmente se determinó la relación Cla/Clb.

La distribución normal de los datos se comprobó con la prueba de Kolmogorov – Smirnov y la homogeneidad de varianzas por la prueba de Bartlett. Se realizó un análisis de varianzas de clasificación doble y la comparación múltiple de medias se realizó a través de la prueba de Tukey, con una probabilidad $p < 0,05$. Para el procesamiento de los datos, la comparación de medias y el error estándar se utilizó el paquete estadístico SPSS 22 para Windows. La graficación de los resultados se realizó mediante el programa SIGMA PLOT 11,0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura se representa la masa fresca de las hojas, masa turgente, masa seca de las hojas y el contenido relativo de agua, donde se aprecia que cada uno de los indicadores evaluados mostraron sus diferencias.

En cuanto a la masa fresca de las hojas a los 24 DDS se puede observar que los valores más altos correspondieron a los tratamientos que se inocularon con Azofert y mantuvieron el 100 % de la humedad en el sustrato con diferencia significativa del resto de los tratamientos. Sin embargo, T3 y T7 no mostraron diferencias cuando se inocularon con Azofert y con el 50 % de humedad. A los 31 DDS la respuesta fue diferente ya que T3 y T7 no difirieron del T4 y T8, pero se vieron favorecido por la aplicación de Azofert.

En la masa turgente se observó a los 24 DDS que todos los tratamientos no mostraron

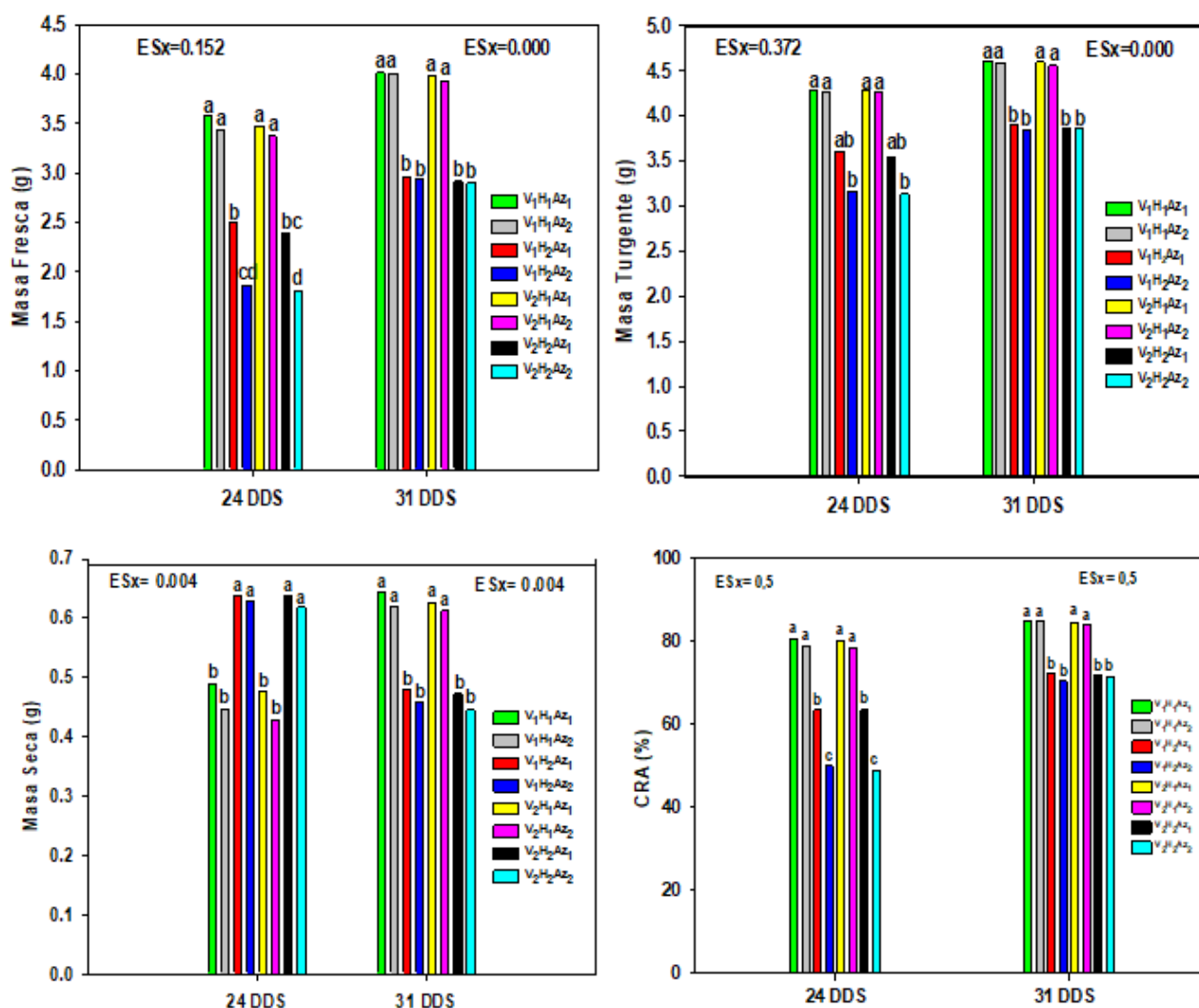


Figura - Masa fresca, masa turgente, masa seca y contenido relativo de agua en plantas de frijol inoculadas con Azofert (Az) y no inoculadas (NoAz) expuestas a dos niveles de humedad en el sustrato 100 % de humedad (H₁) y 50 % de humedad (H₂)

Letras iguales no difieren estadísticamente según la Prueba de rangos múltiples de Tukey para $p < 0,05$

diferencias significativas tanto con y sin la aplicación del producto mientras que a partir de los 31 DDS se aprecia que los tratamientos que mantuvieron la máxima retención de humedad fueron superiores a los tratamientos con baja disponibilidad hídrica.

Al valorar el comportamiento de la masa seca de las hojas se pudo observar que a los 24 DDS se encontró que las plantas de los tratamientos que recibieron menor aporte de agua presentaron los mayores valores sin dejar de apreciar un efecto notorio de la inoculación con Azofert aunque los tratamientos que no se inocularon también mantuvieron efecto positivo, por otro lado, a los 31 DDS los valores fueron inferiores en los tratamientos que mantuvieron menor retención de humedad con respecto a los que recibieron el

100 % lo que puso de manifiesto el efecto del Azofert.

Por su parte el contenido relativo de agua mostró que a los 24 DDS los tratamientos T4 y T8 que no recibieron aplicación del inoculante alcanzaron los menores valores debido a la presencia del estrés hídrico. Mientras que a los 31 DDS se encontró una estabilidad entre los tratamientos regados al 100 y 50 %, o sea, cabe resaltar que los valores más bajos los mostraron los tratamientos que mantuvieron el 50 % de humedad con y sin la aplicación de Azofert.

Resultados similares fueron obtenidos por Dell et al. (2017), al evaluar el efecto del Pectimorf en plantas de frijol en dos condiciones de humedad en el suelo. Además, este mismo autor informó que el estrés hídrico y las aplicaciones de

productos bioactivos favorecen el crecimiento del cultivo respecto a la masa seca de la parte aérea de la raíz y el área foliar.

Morales *et al.* (2017), informaron que cuando las plantas muestran mejor respuesta a la acumulación de masa seca foliar cuando se le suministra el 50 % del agua con respecto a los tratamientos que recibieron la totalidad del agua está en concordancia con otros autores quienes han señalado que el crecimiento de las plantas no es susceptible al déficit hídrico en todas las condiciones y estadios de su crecimiento (Akram, 2011); también se destaca el rol que juegan los reguladores del crecimiento en el comportamiento de estas variables ante condiciones de estrés hídrico (Ashraf *et al.*, 2011), lo que explica la respuesta mostrada por los tratamientos con diferente abastecimiento hídrico con la aplicación del QuitoMax®.

Afectaciones en el aumento de la masa seca de las hojas como consecuencia de un suministro de agua limitado fue informado por Ali *et al.* (2015) para el cultivo de *Sesbania* (*Sesbania sesban* (L.) Merrill.).

Las clorofilas medidas en dos momentos del desarrollo de las plantas reflejaron un comportamiento diferente en todos los tratamientos, pues se evidencian diferencias entre ellos. Como se puede observar la clorofila a mostró diferencias entre los tratamientos con las plantas bien abastecidas de agua hasta las menos abastecidas, con diferencias a su vez entre las que recibieron aplicaciones de Azofert con diferentes contenidos de agua en el suelo; mientras que la clorofila b presentó un comportamiento similar entre los tratamientos (tanto a los 24 como a los 31 DDS), con valores superiores en los tratamientos mejor abastecidos de agua.

Por su parte en los carotenos se encontraron diferencias estadísticas en todos los tratamientos y se registró un incremento significativo en la concentración de carotenoides en los tratamientos que tuvieron deficiencia hídrica en el suelo. Por otro lado, el incremento del contenido de carotenoides pudiera sugerir un mecanismo de adaptación a estas condiciones, de las variedades estudiadas, si se tiene en cuenta el papel de los carotenoides en la protección de la molécula de clorofila durante el proceso de fotooxidación. De acuerdo con Zhang y Kirkhen (1996) los carotenoides pueden reaccionar con los estados excitados de la clorofila y combinados con el oxígeno molecular, constituir un complejo que conduce a la fotooxidación.

Una fracción de los carotenoides, la violaxantina, participa en el ciclo de las xantofilas que se propuso como un mecanismo de protección para las plantas, sobre todo del aparato fotosintético y el daño por radicales libres. De hecho, se correlaciona la mayor actividad de este ciclo con la resistencia de las plantas al daño por fotooxidación que se produce bajo el estrés salino o por la sequía (Raya-Pérez, 1998). En este sentido, se puede plantear que la variedad Tomeguín-93, al no exhibir este mecanismo de adaptación, es más susceptible que la variedad CC-25-9R. Sin embargo, se sugiere continuar las investigaciones en otras fases del cultivo sobre la base de un mayor número de indicadores fisiológicos y agronómicos.

La relación clorofila a/clorofila b siguió el mismo comportamiento que la clorofila a, aunque se debe señalar que los mayores valores los obtuvieron los tratamientos que no carecieron de agua entre los 24 y 31 DDS, sin la inoculación con Azofert, mientras que la relación inferior se obtuvo en los tratamientos no inoculados y con mayor disponibilidad de agua (Tabla). En sentido general se puede decir que se encontró una reducción significativa de ambas clorofilas debido a la insuficiente disponibilidad hídrica en el suelo. No obstante, es preciso apuntar que los valores de la relación Cla/Clb coinciden con el rango señalado (1- 3) por Srivastava (1998) para las plantas C3.

El contenido de clorofila desempeña un importante papel en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jahan *et al.*, 2014) y la disminución en su contenido es la principal causa de alteraciones en el proceso de fotosíntesis (Khairi *et al.*, 2015).

Chávez *et al.* (2015), encontraron una reducción del contenido de clorofilas en tres cultivares de frijol en condiciones de estrés salino. Estos autores informaron incrementos del contenido de caroteno, resultados que concuerdan con los obtenidos en dicha investigación.

Resultados similares fueron obtenidos por (Morales *et al.*, 2017), al aplicar el bioestimulante Quitomax en plantas de frijol con la variedad Tomeguín-93 y con dos regímenes de riego.

CONCLUSIONES

El Contenido Relativo de Agua disminuyó de forma significativa en ambas variedades en los tratamientos que se le redujo la humedad en el suelo.

Tabla - Concentración de pigmentos en plantas de frijol inoculadas con Azofert (Az) y no inoculadas (NoAz) expuestas a dos niveles de humedad en el sustrato 100 % de humedad (H₁) y 50 % de humedad (H₂) evaluadas a los 24 y 31 DDS

Tratamientos	Clorofila a (mg g ⁻¹)		Clorofila b (mg g ⁻¹)		Caroteno (mg g ⁻¹)		Cla/Clb (mg g ⁻¹)	
	24 DDS	31 DDS	24 DDS	31 DDS	24 DDS	31 DDS	24 DDS	31 DDS
V ₁ H ₁ Az ₁	1,70 a	1,82 a	1,26 a	1,38 a	0,29 e	0,35 e	1,35 a	1,32 c
V ₁ H ₁ Az ₂	1,64 b	1,76 c	1,20 b	1,32 c	0,24 g	0,30 g	1,37 a	1,33 ab
V ₁ H ₂ Az ₁	1,12 c	1,24 e	0,97 c	1,09 e	0,49 a	0,64 a	1,15 c	1,14 g
V ₁ H ₂ Az ₂	1,07 d	1,20 g	0,92 d	1,04 f	0,45 b	0,60 b	1,16 c	1,15 f
V ₂ H ₁ Az ₁	1,68 a	1,80 b	1,24 a	1,36 b	0,27 f	0,34 f	1,35 a	1,32 bc
V ₂ H ₁ Az ₂	1,62 b	1,74 d	1,18 b	1,30 d	0,21 h	0,29 h	1,37 a	1,34 a
V ₂ H ₂ Az ₁	1,10 c	1,22 f	0,89 e	1,01 g	0,42 c	0,57 c	1,24 b	1,21 d
V ₂ H ₂ Az ₂	1,04 e	1,16 h	0,85 f	0,97 h	0,37 d	0,52 d	1,22 b	1,20 e
ESx	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,002	0,000

Letras iguales no difieren estadísticamente según la Prueba de rangos múltiples de Tukey para $p \leq 0,05$

El contenido de clorofila a, b se afectó de forma significativa en las variedades evaluadas.

La relación clorofila a/clorofila b mostró un incremento en los tratamientos que se mantuvieron abastecido de agua, así como los no inoculados con Azofert respecto a los inoculados con dicho producto.

El contenido de carotenoides en la variedad CC-25-9R tuvo un incremento significativo en condiciones de estrés hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- AKRAM, M. 2011. Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stages. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36 (3): 455-468.
- ALI, Z., ASHRAF, M., QURAINY, F. y KHAN, M. S. 2015. Appraising drought tolerance in local accessions of sesbania (*Sesbania sesban* (L.) Merril.) using biomass production, relative membrane permeability and photosynthetic capacity as selection criteria. *Pakistan Journal of Botany*, 47 (3): 845-850.
- ÁLVAREZ, C. N. 2014. Comportamiento agroproductivo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes frecuencias de aplicación del VIUSID agro. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo, Facultad Agropecuaria, Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez", Sancti Spiritus, Cuba, 35 p.
- ASHRAF, M., AKRAM, N. A., AL-QURAINY, F. y FOOLAD, M.R. 2011. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. *Advances in Agronomy*, 111: 249-296.
- CHÁVEZ, L., ÁLVAREZ, A., RAMÍREZ, R., INFANTE, S., et al. 2015. Efecto de la salinidad sobre el contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos en tres genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola*, 42 (3): 19-24.
- CORZO, M., RIVERO, D., ZAMORA, L., MARTÍNEZ, Y., MARTÍNEZ, B. 2015. Detección e identificación de nuevos aislados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* en cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia Mayabeque, Cuba. *Revista Protección Vegetal*, 30 (2): 97-103.
- DELL, A., MORALES, D., JEREZ, E., RODRÍGUEZ, P., ÁLVAREZ, I., et al. 2017. Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de Pectimorf® en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Cultivos Tropicales*, 38 (3): 129-134.
- ESTRADA, W., CHÁVEZ, L., JEREZ, E., NÁPOLES, M. C., et al. 2017. Efecto del Azofert® en el rendimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en

- condiciones de déficit hídrico. *Revista Centro Agrícola*, 44 (3): 36-42.
- JAHAN, M.S., NOZULAI, M., MONERUZZAMAN, M., AINUN, A., HUSNA, N. 2014. Control of plant growth and water loss by a lack of light-harvesting complexes in photosystem-II in *Arabidopsis thaliana* chl1-1 mutant. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36: 1627-1635.
- KHAIRI, M., NOZULAI, M., SARWAR, M. 2015. Effects of different water levels on physiology and yield of salinity rice variety. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 9 (2): 339-345.
- LICHTENTHALER, H.K. and A.R. WELLBURN, 1984. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 603: 591-592.
- MINAG. 2018. Listado oficial de variedades comerciales. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Registro de variedades comerciales Subdirección de Certificación de Semillas, La Habana, Cuba, 42 p.
- MORALES, D., Dell'Amico, J., Jerez, E., Rodríguez, P., et al. 2017. Efecto del Quitomax® en plantas de (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. II. Variables Fisiológicas. *Revista Cultivos Tropicales*, 38 (4): 92-101.
- NÁPOLES, M. C., CABRERA, J.C., ONDERWATER, R., WATTIEZ, R., HERNÁNDEZ, I., MARTÍNEZ, L. y NÚÑEZ, M. 2016. Señales en la interacción *Rhizobium leguminosarum*-frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37 (2): 37-44.
- RAYA-PÉREZ, J.C. 1998. Resistencia a sequía, un avistamiento. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 4 (2): 267-272.
- SECKIN, B. y A. MERVE. 2014. Drought Tolerance of Knotgrass (*Polygonum maritimum* L.) Leaves under different drought treatments. *Pakistan Journal Botany*, 46 (2): 417-421.
- SRIVASTAVA, M. 1998. Effects of ionizing radiation on Xanthine oxidase system. Doctor Thesis. Jawaharlal Neru University. New Delhi. 100 p.
- URBINA, I., SARDANS, J., BEIERKUHNLEIN, C., JENTSCH, A., BACKHAUS, S., GRANT, K., KREYLING, J., PEÑUELAS, J. 2015. Shifts in the elemental composition of plants during a very severe drought. *Environmental and Experimental Botany*, 111: 63-73.
- YAMASAKI, S. y REBELLO, L. 1999. Measurement of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11 (2): 69-75.
- ZHANG, J. y KIRKHAN, M. 1996. Antioxidant responses to drought in sunflower and sorghum seedlings. *New Phytology*, 132: 361-373.

Recibido el 4 de agosto de 2018 y aceptado el 10 de septiembre de 2018