



Effects of Water Stress on Grain Yield in the Vegetative Phase of bean Cultivation (*Phaseolus vulgaris* L.)

Efectos del estrés hídrico sobre el rendimiento de los granos del frijol (Phaseolus vulgaris L.)

Dr.C. Ricardo Polón-Pérez, Dr.C. Michel Ruiz-Sánchez, Dr.C. Alexander Miranda-Caballero,
Dr.C. Miguel Angel Ramírez-Arrebato

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Unidad Científica Tecnológica de Base (UCTB) “Los Palacios”, Pinar del Río, Cuba.

ABSTRACT. The experiment was carried out in the UCTB Los Palacios from 2010 to 2012, in Hydromorphic Gley Nodular Ferruginous Petroferric soil, from November to February in semicontrolled conditions, in 1m² flowerpot stands of area. In each flowerpot, 40 seeds of Delicia 364 variety were sowed with the objective of evaluating the response of the bean subjected to different intensities of water stress in the vegetative phase and their effect in the yield. The results demonstrated that when bean cultivation in the vegetative phase is subjected to water stress with different intensities, increments in the yield were obtained in relation to the control that was maintained with normal irrigation. Different intensities of water stress in the vegetative phase incremented the yield.

Key words: irrigation, soil, water, green house.

RESUMEN. El experimento se condujo en la Unidad Científico Tecnológica Los Palacios (UCTB Los Palacios), desde el año 2010 hasta el 2012, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférico durante el período de noviembre a febrero en condiciones semicontroladas, en maceteros de 1 m² de área. En cada macetero se sembraron 40 semillas de la variedad Delicia 364, con el objetivo de evaluar la respuesta del frijol sometido a diferentes intensidades de estrés de agua en la fase vegetativa y su efecto en el rendimiento. Los resultados demostraron que al cultivo de frijol en la fase vegetativa al someterlo a estrés hídrico permitió incremento en el rendimiento a favor de los tratamientos con estrés respecto al testigo que se mantuvo con riego normal. Diferentes intensidades de estrés de agua en la fase vegetativa incremento el rendimiento.

Palabras clave: riego, suelo, agua, invernadero.

INTRODUCCIÓN

El 60% de la producción mundial de frijol se obtiene bajo condiciones de déficit de hídrico, lo que ha llevado a considerar a la sequía como el segundo factor limitante para su rendimiento, después de las enfermedades¹. Los resultados reportados por diferentes autores coinciden en plantear que, el frijol es un cultivo susceptible, tanto al exceso de humedad como a su déficit durante su ciclo de desarrollo. Al respecto Boicet (2010), observó que los indicadores de producción de vainas, semillas y rendimientos resultaron ser superiores estadísticamente, cuando

INTRODUCTION

The 60% of world bean production is obtained under conditions of water deficit, which has led to consider drought as the second limiting factor for its yield, after diseases¹. The results reported by different authors agree that beans are susceptible to both excess and deficit of moisture during their development cycle. In this regard Boicet (2010), it was observed that production indicators of pods, seeds and yields were statistically superior, when the crop did not suffer from water deficit during its vegetative cycle. Equal result was obtained for plant height,

¹ Dávila, R.: Frijol más resistente a la sequía, Folleto, 2010.

el cultivo no padeció de déficit hídrico durante su ciclo vegetativo; igual resultado para la altura de la planta, diámetro del tallo, número de ramificaciones y trifoliolos, y la biomasa seca, resultando ser la variedad CC 25 – 9R la de mejores resultados.

En Cuba el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) forma parte importante en la dieta del cubano, la producción nacional abarca las áreas que siembra el Ministerio de la Agricultura dentro de su proyección estratégica. En el año 2015 alcanzaron las 135 964 ha y una producción de 190 350 t, con un rendimiento de 1,4 t.ha⁻¹ como promedio. En esta cifra se incluye la producción de semilla, lo que significa un gran reto para la economía del país (Benítez, 2011).

Los resultados de las investigaciones (Cabrera, 2011) demuestran que bajo condiciones edafoclimáticas adversas (estrés hídrico y altas temperaturas) las variedades presentaron un índice de estrés que varía en correspondencia con el grado de tolerancia que ellas presentan, lo que provocó un aumento del por ciento de daños de las membranas y el contenido de prolina libre, en todas las variedades.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del estrés hídrico en la fase vegetativa y su efecto en el rendimiento en granos.

MÉTODOS

El experimento se condujo durante tres años, desde 2010 hasta 2012 en la UCTB Los Palacios, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférico (Hernández *et al.*, 2015) durante el período de noviembre a febrero en condiciones semicontroladas, en maceteros de 1 m² de área, en cada una se sembraron 40 semillas de la variedad Delicia 364. Las labores fitotécnicas se realizaron según los Instructivos Técnicas del Cultivo (Álvarez, 2013).

Se utilizó un diseño experimental Completamente Aleatorizado, con tres tratamientos, dos con estrés hídrico y un testigo con riego normal según Instructivo Técnico del Frijol (Álvarez, 2013). El riego se aplicaba al cultivo dos veces por semana con un cubo de capacidad de 5 L. El estrés hídrico se aplicó cuando las plantas tenían entre dos y tres hojas formadas y el suelo agrietado.

Tratamientos:

T₁- Estrés hídrico en el suelo hasta marchites de las hojas y después riego normal

T₂- Estrés hídrico en el suelo hasta inicio de amarillamiento de las hojas y después riego normal

T₃- Riego normal durante todo el ciclo del cultivo sin estrés hídrico (testigo)

Evaluaciones realizadas:

Para las evaluaciones se tomaron 15 plantas por cada macetero, el rendimiento se calculo en 10 plantas y se peso en una Balanza Electrónica Fertton con una precisión de 0,011 libra, el número de vainas se contó el total por plantas, para la masa seca se tomaron 5 plantas por maceteros y se introdujeron en una estufa a 110 C° hasta peso constante.

- Rendimiento (g por planta)
- Número de vainas por plantas
- Masa seca de la planta (g)

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza simple, aplicándose la dócima de rangos múltiples de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias para el nivel de significación ($p \leq 0,05$).

stem diameter, number of branches and trifoliolos, and dry biomass, resulting CC 25 – 9R the best variety.

In Cuba common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important part of Cuban diet; national production covers the areas sown by the Ministry of Agriculture within its strategic projection. In the year 2015 it reached 135 964 ha and a production of 190 350 T, with a yield of 1,4 t. ha⁻¹ on average. This figure includes seed production, which means a major challenge for the country's economy (Benítez, 2011).

The results of the research (Cabrera, 2011) show that under adverse edaphic climatic conditions (water stress and high temperatures) the varieties presented a stress index that varies in correspondence with the degree of tolerance that they present, which caused an increase of percent of membrane damage and free proline content in all varieties.

This work aims to evaluate the effect of water stress on the vegetative phase and its effect on grain yield.

METHODS

The experiment was performed for three years, from 2010 to 2012 at the UCTB Los Palacios, on a Hydromorphic Gley Nodular Ferruginous Petroferric soil (Hernández *et al.*, 2015) from November to February in semicontrolled conditions, in 1 m² pots of area, each one sowed with 40 seeds of Delicia 364 variety. The planting work was carried out according to the Technical Instructions for Cultivation (Álvarez, 2013).

A completely randomized experimental design was used, with three treatments, two with water stress and one control with normal irrigation according to Technical Instruction of the Bean (Álvarez, 2013). Irrigation was applied to the crop twice a week with a 5 L capacity bucket. Water stress was applied when the plants had between two and three leaves formed and the soil cracked.

Treatments:

T₁- Water stress in the soil until leaf wilting and then normal watering

T₂- Water stress in the soil up to yellowing of the leaves and then normal irrigation

T₃- Normal irrigation throughout the crop cycle without water stress (control)

Evaluations:

For the evaluations 15 plants were taken per pot, the yield was calculated in 10 plants and weighed in an Electronic Fertton Balance with an accuracy of 0,011 pound. The number of total pods per plant was counted, for the dry mass 5 plants per pot were taken and were placed in an oven at 110 up to constant weight.

- Yield (g per plant)
- Number of pods for plant
- Dry mass for plant (g)

The obtained data were subjected to a simple variance analysis, applying Duncan's multiple range tests when significant differences were found between the means for significance level ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los tres años que se desarrolló el trabajo, sometiendo al cultivo de frijol a estrés hídrico en la fase vegetativa, se observó un comportamiento positivo, a favor de esta variante respecto al tratamiento testigo con riego convencional. El rendimiento en granos al exponer al cultivo a diferentes intensidades de estrés hídrico, desde marchitamiento de las hojas hasta inicio de amarillamiento sin afectaciones del área foliar (sin pérdidas del tejido vegetal), permitió un incremento del rendimiento con diferencias significativas ($p \leq 0,05$) al compararse con el tratamiento testigo, resultando los mejores tratamientos el T₁ y T₂ durante los tres años de estudio, y siendo el peor de los tratamientos el testigo de producción T₃ con riego convencional (normal) sin estrés como se puede apreciar en las Tablas 1, 2 y 3, estos resultados coinciden con lo reportado por otro autor¹, el que planteó que al someter este cultivo a un estrés hídrico en esta fenofase (fase vegetativa) no disminuye el rendimiento en granos y sus componentes, pero este autor no plantea incrementos en los rendimientos como se reporta en esta investigación. Sin embargo, otro estudio (Boicet, 2010) plantea que el rendimiento resultó ser estadísticamente superior, cuando el cultivo no padeció de déficit hídrico (estrés hídrico) durante el ciclo vegetativo del cultivo.

En una investigación sobre estrés hídrico por defecto en el cultivo del frijol se reportó incremento el rendimiento en granos y sus componentes por varios autores (Polón *et al.*, 2013, 2014), aunque estos resultados no coinciden con lo reportado por otro autor (Boicet, 2010).

RESULTS AND DISCUSSION

During the three years that the work was carried out, subjecting bean cultivation to water stress in the vegetative phase, a positive behavior was observed in favor of this variant in comparison to the control treatment with conventional irrigation. Grain yield, when exposed to different intensities of water stress, from leaf wilting to yellowing without affecting the leaf area (without loss of plant tissue), allowed an increase in yield with significant differences ($p \leq 0,05$) when compared to the control treatment. The best treatments were T1 and T2 during the three years of study, and the worst of the treatments was the production control T3 with conventional (normal) irrigation without stress as can be seen in the Tables 1, 2 and 3. These results coincide with that reported by another author¹, who stated that subjecting this crop to water stress in the vegetative phase does not decrease the yield in grains and their components, but that author does not state yield increases as reported in this research. However, another study (Boicet, 2010) states that the yield was statistically superior, when the crop did not suffer from water deficit (water stress) during the vegetative cycle of the crop.

Investigating about water stress by default in bean cultivation, yield increases in grains and their components were reported by several authors (Polón *et al.*, 2013, 2014), although these results do not coincide with those reported by another author (Boicet, 2010).

TABLE 1. Behavior of yield, number of pods and dry mass per plant 2010
TABLA 1. Comportamiento del rendimiento, número de vainas y masa seca por planta 2010

Treatments	Yield in grain (g)	No. of pods per plant	Dry mass per plant (g)
T ₁	170,00 b	6,00 b	1,60 b
T ₂	190,60 a	7,90 a	1,71 a
T ₃	120,00 c	4,60 c	0,73 c
ESx	0,54	0,049	0,019

Means with letters in common did not differ significantly according to Duncan's test for $p \leq 0,05$.

El rendimiento en grano (Tablas 1, 2 y 3) durante los tres años de la variante marchitamiento de las hojas de las plantas se comportó entre 160,6 g y 179,8 g, mientras que, la variante inicio de amarillamiento de las hojas de las plantas estuvo entre 181,6 y 206,9 g y para el testigo que fue el valor más bajo de todos osciló entre 105,7 y 120,0 g, lo que denota el efecto positivo que tiene de provocarle a este cultivo un estrés hídrico en etapas temprana de su ciclo (fase vegetativa), al respecto, otros autores en este mismo cultivo y en otros diferentes a este² (Greven *et al.*, 1997; Alemán *et al.*, 2010; Acosta *et al.*, 2011; López, 2011; Nahar *et al.*, 2011; Aguilar *et al.*, 2012; Sokoto y Muhammad, 2014) no coinciden sus criterios con los resultados obtenidos en esta investigación, que con un déficit de agua en el suelo en lugar de disminuir el rendimiento en grano lo que motiva es su aumento, esto sucedió con la variedad Delicia 364 bajo las condiciones edafoclimática de Los Palacios, en la provincia de Pinar del Río.

The grain yield (Tables 1, 2 and 3) during the three years of the wilting variant of the plant leaves behaved between 160.6 g and 179.8 g, whereas the yellowing variant of the plant leaves were between 181.6 and 206.9 g, and for the control, that was the lowest value of all, it oscillated between 105.7 and 120.0 g, which indicates the positive effect of water stress in that crop in the early stages of its cycle (vegetative phase). In this respect, other authors, in this same crop and in others different to this one² (Greven *et al.*, 1997; Alemán *et al.*, 2010; Acosta *et al.*, 2011; López, 2011; Nahar *et al.*, 2011; Aguilar *et al.*, 2012; Sokoto y Muhammad, 2014) do not agree with the results obtained in this investigation, that is, a water deficit in the soil instead of decreasing grain yield increases it. That happened with the variety Delicia 364 under the edaphoclimatic conditions of Los Palacios, in Pinar del Río province.

² García, M.; Espinosa, A.: Efecto de la sequía en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), [en línea], p 1-12, 2014, Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos94/efecto-sequia-rendimiento-del-cultivo-del-frijol/efecto-sequia-rendimiento-del-cultivo-del-frijol.shtml>. [Consulta: 26 de noviembre de 2015]

TABLE 2. Behavior of yield, number of pods and dry mass per plant 2011
TABLA 2. Comportamiento del rendimiento, número de vainas y masa seca por planta 2011

Treatments	Yield in grain (g)	No. of pods per plant	Dry mass per plant(g)
T ₁	160,60 b	5,60 b	1,40 b
T ₂	181,60 a	7,00 a	1,64 a
T ₃	114,00 c	3,80 c	0,76 c
ESx	0,50	0,046	0,015

Means with letters in common did not differ significantly according to Duncan's test for $p \leq 0,05$.

El número de vainas que aparecen en las Tablas 1, 2 y 3 se comportaron de la siguiente manera, para T₁ se mantuvo durante todo el estudio entre 5,6 y 6,7; mientras que, para el T₂ se osciló entre 7,0 y 9,3, superando estos dos tratamientos estadísticamente al testigo T₃ que mostró los valores más bajos, entre 3,8 y 4,6 vainas por planta. El número de vainas por planta tuvo un comportamiento similar al rendimiento. Se pudiera atribuir el mayor rendimiento alcanzado a este componente entre otros factores, resultado similar fue reportado por otros autores (Paisin *et al.*, 1991; Nielsen y Nelson, 1998; Polón *et al.*, 2013, 2014) y discrepando con otro estudio¹

The number of pods appearing in Tables 1, 2 and 3 behaved as follows, for T₁ remained throughout the study between 5.6 and 6.7; while for T₂ it ranged between 7.0 and 9.3, with these two treatments statistically exceeding control T₃ that showed the lowest values, between 3.8 and 4.6 pods per plant. The number of pods per plant had a behavior similar to yield. It was possible to attribute the highest yield to this component among other factors. Similar result was reported by other authors (Paisin *et al.*, 1991; Nielsen y Nelson, 1998; Polón *et al.*, 2013, 2014).

TABLE 3. Behavior of yield, number of pods and dry mass per plant 2012
TABLA 3. Comportamiento del rendimiento, número de vainas y masa seca por planta 2012

Treatments	Yield in grain (g)	No. of pods per plant	Dry mass per plant (g)
T ₁	179,80 b	6,70 b	1,60 b
T ₂	206,90 a	9,30 a	1,88 a
T ₃	105,70 c	4,50 c	0,81 c
ESx	0,58	0,055	0,018

Means with letters in common did not differ significantly according to Duncan's test for $p \leq 0,05$.

En cuanto a la masa seca, una variable fisiológica importante (Tablas 1, 2 y 3), se comportó siempre favorable para los tratamientos con déficit hídrico y desfavorable para el testigo de producción, para T₁ se mantuvo entre 1,40 y 1,60 g, para el T₂ su comportamiento osciló entre 1,64 y 1,88 g y para el peor de los tratamientos (T₃) se encontró entre 0,73 y 0,81 g, superando los dos primeros tratamientos estadísticamente al tercero (testigo), estos resultados discrepan con los reportados por varios autores (Benítez, 2011; Reyes-Matamoros *et al.*, 2014; Meriño *et al.*, 2015) que han trabajado déficit hídrico a este cultivo, los que atestiguan que siempre va en deprimiendo de la masa seca y finalmente afectando al rendimiento en granos.

Dry mass, is an important physiological variable (Tables 1, 2 and 3) that always behaved favorably to the treatments with water deficit and unfavorable to the control. For T₁, it remained between 1,40 and 1,60g; for T₂ the behavior ranged from 1,64 to 1,88 g, and for the worst of the treatments (T₃), it was found between 0,73 and 0,81 g, exceeding the first two treatments statistically to the third (control). These results disagree with those reported by several authors (Benítez, 2011; Reyes-Matamoros *et al.*, 2014; Meriño *et al.*, 2015) who have worked water deficit to this crop, and testify that it always goes on depressing the dry mass and finally affecting the grain yield.

CONCLUSIONES

- Se puede afirmar que, al someter al cultivo de frijol a un estrés de agua en la fase vegetativa en la variedad Delicia 364 se incrementa el rendimiento en granos, el número de vainas por planta y la masa seca por planta, con un uso más eficiente del agua respecto al tratamiento testigo (riego normal), los granos de frijoles con estrés de agua presentaron un color más brillante y pesados respecto al testigo.

CONCLUSIONS

- It can be stated that, by subjecting bean cultivation to water stress in the vegetative phase in the variety Delicia 364, the yield in grains, the number of pods per plant and the dry mass per plant increase, with more efficient use of water compared to the control treatment (normal watering). Beans with water stress showed a brighter color and were heavier with respect to the control.

REFERENCIAS / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D.E.; Hernández, T.I.; Rodríguez, G.R.; Pedroza, F.J.; Amador, R.M.D.; Padilla, R.J.S.: "Efecto de la sequía en la producción de biomasa y grano de frijol", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2): 249-263, 2011, ISSN: 2007-0934.
- Aguilar, B.G.; Peña, V.C.B.; García, N.J.R.; Ramírez, V.P.; Benedicto, V.S.G.; Molina, G.J.D.: "Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato", *Agrociencia*, 46(1): 37-50, 2012, ISSN: 1405-3195.

- Alemán, S.; Domínguez, A.; Domínguez, D.; Fuentes, L.; Miranda, K.; Pérez, Y.; Pernía, B.; Sosa, D.; Sosa, M.; Infante, D.: “Estudio anatómico y bioquímico en materiales cubanos y venezolanos de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de estrés hídrico”, *RET. Revista de Estudios Transdisciplinarios*, 2(1): 89–99, 2010, ISSN: 1856-9161.
- Álvarez, B.F.: *Guía Técnica para la producción del Frijol común*, Ed. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, La Habana, Cuba, 2013, ISBN: 978-959-7210-67-2.
- Benítez, R.: “Nuevas variedades de frijol común para la producción comercial en Cuba”, [en línea], En: *V Encuentro Internacional de Arroz, I Simposio de Granos*, La Habana, Cuba, pp. 109–110, 2011, Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?q=Nuevas+variedades+de+frijol+com%C3%BAn+para+la+producci%C3%B3n+comercial+en+Cuba&btnG=&hl=es&as_sdt=0%2C5, [Consulta: 26 de noviembre de 2015].
- Boicet, T.: “Estrés hídrico y la distribución de características vegetativas y reproductivas en el genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L)”, En: *II Simposio de Ecofisiología Vegetal, XVII Congreso Científico Internacional del INCA*, La Habana, Cuba, p. 145, 2010, ISBN: 978-959-07-1363-7.
- Cabrera, M.: “Comportamiento de algunas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) bajo condiciones edafoclimáticas adversas”, [en línea], En: *V Encuentro Internacional de Arroz, I Simposio de Granos*, La Habana, Cuba, p. 112, 2011, Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?q=Comportamiento+de+algunas+variedades+de+frijol+com%C3%BAn+%28Phaseolus+vulgaris+L%29+bajo+condiciones+edafoclim%C3%A1ticas+adversas&btnG=&hl=es&as_sdt=0%2C5, [Consulta: 26 de noviembre de 2015].
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D.; Castro, N.: *Clasificación de los suelos de Cuba*, Ed. Ediciones INCA, 1.ª ed., Mayabeque, Cuba, 93 p., 2015, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- López, A.: “Manejo del riego y nitrógeno en frijol común cultivado en sistemas de plantío directo”, *Ciencia Agronómica*, 42(1): 51–56, 2011, ISSN: 0045-6888, 1806-6690.
- Meriño, H.Y.; Boudet, A.A.; Boicet, F.T.; Amado, B.E.; Palacio, A.J.; Castillo, R.O.: “Rendimiento y tolerancia a la sequía de seis variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de campo”, *Centro Agrícola*, 42(1): 69–74, 2015, ISSN: 2072-2001.
- Nahar, K.; Ullah, S.M.; Gretzmacher, R.: “Influence of soil moisture stress on height, dry matter and yield of seven tomato cultivars”, *Canadian J. Scientific Industrial Res*, 2(4): 160–163, 2011, ISSN: 0975-1084.
- Nielsen, D.C.; Nelson, N.O.: “Black Bean Sensitivity to Water Stress at Various Growth Stages”, *Crop Science*, 38(2): 422-427, 1998, ISSN: 0011-183X, DOI: 10.2135/cropsci1998.0011183X003800020025x.
- Paisin, N.H.; Santos, F.; Santos, M.: “Performance of bean seeds derived from plants subjected to water stress at two growth stages”, *Pesq. Agropec. Bras*, 26: 183–192, 1991, ISSN: 0100-204X.
- Polón, P.R.; Miranda, C.A.; Maqueria, L.L.; Ramírez, A.M.: “Efecto de diferentes intensidades de estrés hídrico en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4): 60-64, 2013, ISSN: 2071-0054.
- Polón, P.R.; Miranda, C.A.; Ramírez, A.M.A.; Maqueira, L.L.A.: “Efectos del estrés de agua sobre el rendimiento de granos en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4): 33-36, 2014, ISSN: 2071-0054.
- Reyes-Matamoros, J.; Martínez-Moreno, D.; Rueda-Luna, R.; Rodríguez-Ramírez, T.: “Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero”, *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(2): 192-200, 2014, ISSN: 2334 - 2501.
- Sokoto, M.B.; Muhammad, A.: “Response of Rice Varieties to Water Stress in Sokoto, Sudan Savannah, Nigeria”, *Journal of Biosciences and Medicines*, 2(1): 68-74, 2014, ISSN: 2327-5081, 2327-509X, DOI: 10.4236/jbm.2014.21008.

Recibido: 10/12/2015.

Aprobado: 14/11/2016

Ricardo Polón-Pérez, Investigador Auxiliar y Profesor Auxiliar, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Unidad Científica Tecnológica de Base (UCTB) “Los Palacios”, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: rpolon@inca.edu.cu

Michel Ruiz-Sánchez, Correo electrónico: michi@inca.edu.cu

Alexander Miranda-Caballero, Correo electrónico: alex@inca.edu.cu

Miguel Ángel Ramírez-Arrebato, Correo electrónico: miguelar@inca.edu.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.