



EFECTO DE DOS VARIANTES DE RIEGO Y APLICACIONES FOLIARES DE PECTIMORF® EN EL DESARROLLO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Effect of two irrigation variants and PectiMorf® foliar applications in the development of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

José Dell'Amico[✉], Donaldo Morales, Eduardo Jerez, Pedro Rodríguez, Idioleydis Álvarez, Roberqui Martín y Yusnier Días

ABSTRACT. The effect of two irrigation treatments and two foliar applications of PectiMorf® on the development of bean cultivation was studied. Twelve concrete gutters were planted with the cultivar "Tomeguín 93" to carry out the work. The irrigation treatments consisted of applying 100 and 50 % of the ETc and the foliar applications of PectiMorf® were 150 mg ha⁻¹ at 20 and 35 days after sowing (DAS), with four treatments being formed (T100, T100 + P, T50 + P and T50) arranged in a random block design. The soil moisture content was measured on a weekly basis and at 18, 27 and 42 DAS, aerial dry mass; root mass and leaf area of the plants were evaluated. In addition, the yield and its components were calculated at the end of the experiment. The results indicated that the T 50 treatment of ETc and foliar applications of PectiMorf® favored the growth of the crop in terms of aerial dry mass, root and leaf area and the variables number of pods per plant and number of grains per pod were the ones with the highest contribution to the yield and these were favored in the plants of the treatments T100 and T100 + P.

Keys word: growth, oligosaccharides, yield

RESUMEN. Se estudió el efecto de dos tratamientos de riego y dos aplicaciones foliares de PectiMorf® en el desarrollo del cultivo del frijol. Para la realización del trabajo se sembraron 12 canaletas de hormigón con el cultivar "Tomeguín 93". Los tratamientos de riego consistieron en aplicar el 100 y el 50 % de la ETc y las aplicaciones foliares de PectiMorf® fueron de 150 mg há⁻¹ a los 20 y 35 días de la siembra (DDS), quedando formados cuatro tratamientos (T100, T100+P, T50+P y T50) dispuestos en un diseño de bloques al azar. Semanalmente se midió el contenido de humedad en el suelo y a los 18, 27 y 42 DDS se evaluó la masa seca aérea, radical y el área foliar de las plantas. Además, se calculó el rendimiento y sus componentes al final del experimento. Los resultados indicaron que el tratamiento T50 de la ETc y aplicaciones foliares de PectiMorf® favorecieron el crecimiento del cultivo en cuanto a la masa seca aérea, de raíz y el área foliar y las variables número de vainas por planta y número de granos por vaina fueron las de mayor contribución al rendimiento y estas fueron favorecidas en las plantas de los tratamientos T100 y T100 +P.

Palabras clave: crecimiento, oligosacáridos, rendimiento

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. Ha sido cultivado tradicionalmente por pequeños agricultores, encontrándose entre los cultivos fundamentales

no sólo por su alto valor nutricional sino por su alto consumo en la población, pero su cultivo es generalmente en condiciones no favorables y con déficit de insumos (1,2).

El cambio climático está modificando los patrones globales de precipitación y la intensidad y frecuencia de las sequías (3). El estrés por sequía es el factor abiótico que afecta en mayor grado la producción mundial de cultivos y en consecuencia la de alimentos (4). Además, afecta negativamente un grupo numeroso de procesos morfo-fisiológicos y bioquímicos en las plantas de gran importancia (5).

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

✉ amico@inca.edu.cu

El PectiMor[®], es una mezcla de oligogalacturónidos con grado de polimerización entre 9 y 16 moléculas de ácido galacturónico, obtenido a partir de los desechos de la industria cítrica. Es un regulador del crecimiento no tradicional, que se produce por la degradación parcial de la pared celular de la corteza de los cítricos. Presenta las características de activar los mecanismos de defensa y modificar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta mezcla tiene una fracción molar que oscila entre 10,4 y 7,2 % y es sintetizada en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba (6).

Las oligosacarinas, pueden inducir la producción de etileno y a su vez generar la síntesis de enzimas degradadoras de azúcares de almacenamiento, como almidón, para incrementar azúcares simples (sacarosa), que acrecientan la concentración de sólidos solubles en frutos de maduración. Este efecto de las oligosacarinas fue demostrado en un estudio sobre el rendimiento y calidad del tomate (*Solanum lycopersicon* Mill.) (7). En estudios realizados en plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) cv. Chile 1185-3 y rábano (*Raphanus sativus* L.) cv. PS-9, se evidenciaron cambios morfológicos que demuestran la influencia de esta mezcla en el crecimiento de la parte que se consume en estas hortalizas y desde los estadios iniciales de su desarrollo (8). En Cuba, existe poca información acerca de los beneficios de la aplicación del PectiMor[®] en el cultivo del frijol y de sus potencialidades para paliar el estrés hídrico, es por ello que se realizó este trabajo, con el objetivo de estudiar el efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de PectiMor[®] en el desarrollo del cultivo del frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante los meses de enero a abril de 2013 en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Para ello se sembraron 12 contenedores de hormigón de 2,60 m de largo por 0,60 m de ancho (1,56 m²) que contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (9). En cada contenedor fueron sembradas 44 plantas de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) cultivar "Tomeguín 93" considerada como susceptible al estrés hídrico (10), dispuestas en dos hileras y con una separación entre ellas de 0,40 m y un espaciamiento entre plantas de 0,11 m.

Se utilizaron dos tratamientos de riego, en cada uno de ellos se realizaron dos aplicaciones de PectiMor[®] a razón de 150 mg ha⁻¹, la primera a los 20 días después de la siembra (DDS) y la segunda al inicio de la floración (35 DDS) según las sugerencias del fabricante,

así como, se contó con dos tratamientos en los que no se aplicó el producto, dando lugar a los siguientes cuatro tratamientos:

- ◆ T100, regado al 100 por ciento de la ETc (Evapotranspiración estándar del cultivo) Cultivo sin estrés hídrico.
- ◆ T50, regado al 50 por ciento de la ETc. Cultivo con estrés hídrico.
- ◆ T100 + PectiMor[®].
- ◆ T50 + PectiMor[®].

Los tratamientos fueron distribuidos según un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones (tres contenedores por tratamiento).

El riego se aplicó mediante un sistema de micro aspersión automatizada y la entrega del agua se controló mediante válvulas colocadas en cada tratamiento.

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) se calculó utilizando los datos de una estación meteorológica cercana (aproximadamente a 200 m del experimento) y se empleó el método de FAO Penman-Monteith (11). La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc.) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$ETc. = ETo * Kc. \quad [1]$$

donde:

ETc. Evapotranspiración del cultivo [mm d⁻¹]

Kc. Coeficiente del cultivo [adimensional]

ETo Evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d⁻¹]

Los coeficientes de cultivo Kc empleados fueron los siguientes:

Kc. inicial= 0,15, Kc. medio= 1,10 y Kc. final= 0,65

Durante el período comprendido entre el 21 y 26 de enero el riego fue de 3 mm diarios en todos los tratamientos para garantizar una germinación y crecimiento inicial homogéneos. A partir de ese momento el riego se aplicó según correspondió a cada tratamiento. Se consideró lluvia efectiva cuando esta fue superior a 3 mm. Otras atenciones culturales fueron realizadas por igual en ambos tratamientos.

Los datos graficados de las temperaturas máximas, mínimas, de radiación solar y lluvia corresponden a los valores decenales obtenidos.

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO

La humedad del suelo (%) se evaluó semanalmente, mediante una sonda TDR (Reflectometría en Dominio del Tiempo) Field Scout TDR 100 System, Spectrum Technologies, Inc., en cada tratamiento se realizaron 30 mediciones (10 en cada contenedor) a 20 cm de profundidad.

EVALUACIONES DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Las variables del crecimiento y desarrollo (longitud de la parte aérea y raíz en centímetros, masa seca de la parte aérea y raíz en gramos y el área foliar en cm^2) se evaluaron a los 18, 27 y 42 DDS. La superficie foliar se midió utilizando un integrador de área foliar modelo AMP-300 y las masas secas se obtuvieron por secado en estufa de tiro forzado a $80\text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso constante.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

Para la evaluación del rendimiento y sus componentes, se cosecharon 10 plantas al azar en cada contenedor (30 plantas por tratamiento) a las que se les midió el número de vainas por planta, el número de granos por vaina, su masa fresca y la masa de 100 gramos. Además, se evaluó el rendimiento total de cada contenedor (kg m^{-2}).

Para el procesamiento de los datos, la comparación de medias y el cálculo del intervalo de confianza se utilizó el Programa estadístico SPSS 19.0 para Windows (12). La graficación de los resultados se realizó mediante el programa SIGMA PLOT 11.0 (13).

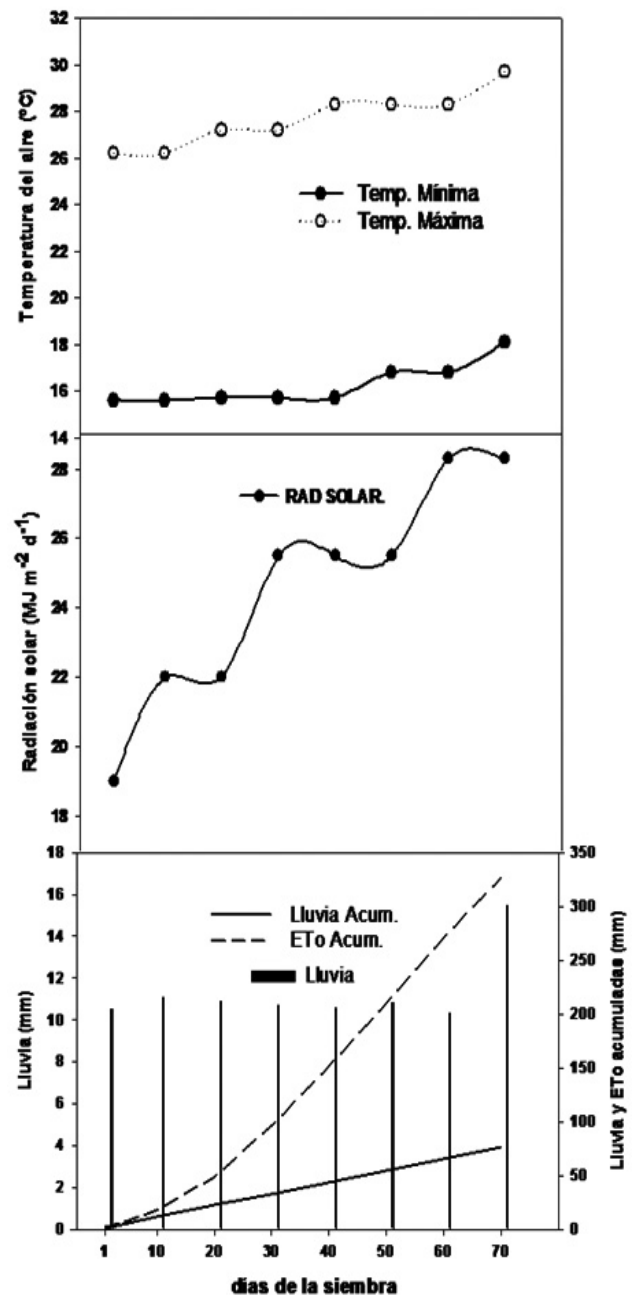
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de temperaturas y de lluvia evidencian que el período experimental se caracterizó por ser relativamente caliente y seco, como se puede observar en las figuras (Figura 1A y C) debido fundamentalmente a que las temperaturas mínimas y máximas tuvieron muy poca variación y sus rangos de valores estuvieron entre 16 y $18\text{ }^\circ\text{C}$ las mínimas y entre 26 y $30\text{ }^\circ\text{C}$ las máximas y la lluvia acumulada fue de 77 mm equivalentes solo a $6,4\text{ mm}$ semanales.

Por otra parte, la radiación solar (Figura 1B) mostró un rango de valores entre 19 y $28\text{ Mj m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ y los valores más altos se presentaron al final del experimento. La demanda hídrica climática acumulada (ETo) en el período fue de 327 mm , lo que representa una evapotranspiración media diaria de 5 mm .

En general, las variables climáticas con la excepción de las temperaturas que fueron relativamente cálidas, aunque se plantea que el frijol puede cultivarse con temperaturas promedio que oscilan de 15 a $27\text{ }^\circ\text{C}$, con una óptima de $25\text{ }^\circ\text{C}$ (4). Los valores de las precipitaciones y de ETo, son típicas de los meses en que se realizó el experimento.

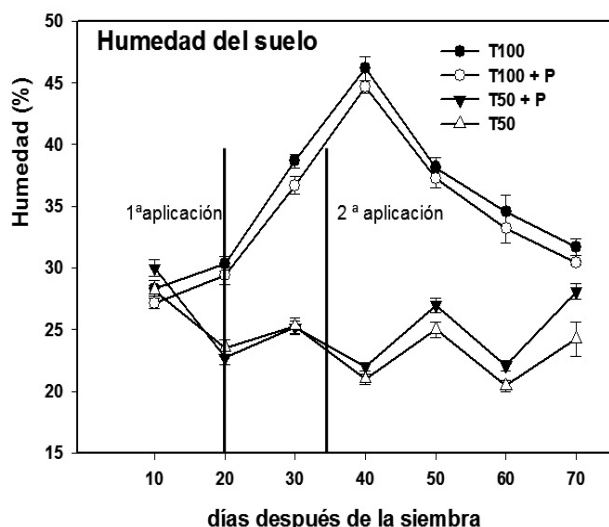
En la Figura 2 se representan las variaciones del contenido de humedad del suelo, donde se pudo apreciar que en los tratamientos de riego T100 y T100+PectiMor® la humedad del suelo siempre se mantuvo por encima del 27% y a los 40 DDS alcanzó valores máximos de alrededor de 46% con muy pocas diferencias entre ambos.



Temperatura del aire (A), radiación solar (B), lluvia, lluvia acumulada y Evapotranspiración estándar (ETo) acumulada (C)

Figura 1. Condiciones ambientales durante el período experimental en el INCA, Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque

En cuanto a T50 y T50+PectiMor® los valores de esta variable estuvieron entre el 20 y el 30% y sólo se encontraron diferencias significativas entre ellos a partir de los 40 DDS. Estos resultados evidencian el efecto notorio de los tratamientos de riego aplicados al cultivo.



Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,05$

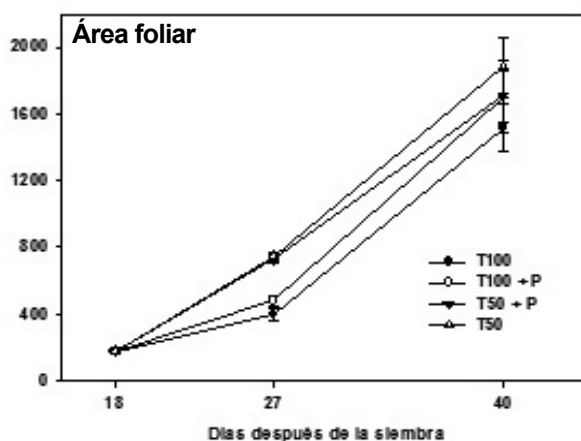
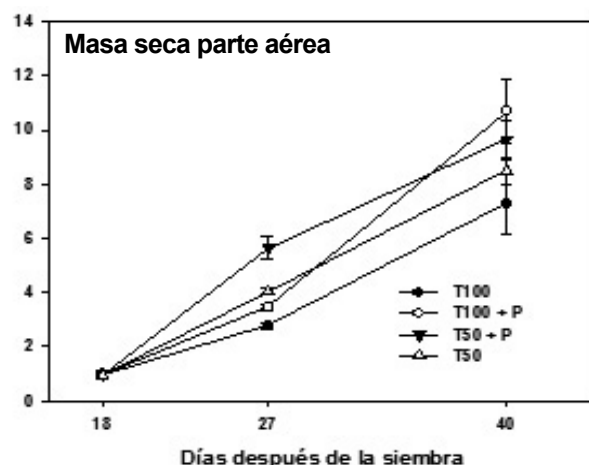
Figura 2. Variación estacional del contenido de agua del suelo en los tratamientos a 20 cm de profundidad

En lo referente a la masa seca de la parte aérea (Figura 3A), a los 27 DDS se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos y los valores más altos correspondieron a las plantas de T50 + P seguidas por las de T50 y los valores más bajos se presentaron en las plantas del T100. También, a los 40 DDS la menor masa seca aérea se encontró en las plantas de T100 y T 50 sin diferencias entre ellas y los más altos a las plantas de T100 + P seguidas por las de T 50 + P, evidenciándose un efecto positivo de las aplicaciones foliares de PectiMorf® en esta variable, independientemente de la variante de riego aplicada.

En la masa seca radical (Figura 3B) se observó un comportamiento semejante al de la parte aérea, pero fue mucho más evidente la acción del PectiMorf®, donde se puso de manifiesto su efecto estimulador del enraizamiento, propiedad que ha sido verificada en cultivos como *Psidium guajava* L. y *Raphanus sativus* L. (14,15) entre otros.

Con respecto al área foliar (Figura 3C) a los 27 DDS se encontró que las plantas de los tratamientos T50 y T50 + P que recibieron menor aporte de agua por riego presentaron los valores mayores, sin que se apreciara algún efecto notorio de las aplicaciones de PectiMorf® en esta variable. A los 40 DDS la mayor diferencia significativa se encontró entre las plantas de los tratamientos que no recibieron aplicaciones de PectiMorf® y a favor de T50, mientras que en los restantes tratamientos los valores fueron similares.

En un trabajo similar y con la misma especie se encontró que el estrés hídrico en plantas de *Phaseolus vulgaris* L. no afectó el número de hojas, ramas y estructuras reproductivas, excepto para el tratamiento de 50 % de agua. El 75 % de agua estimuló el área foliar (16).

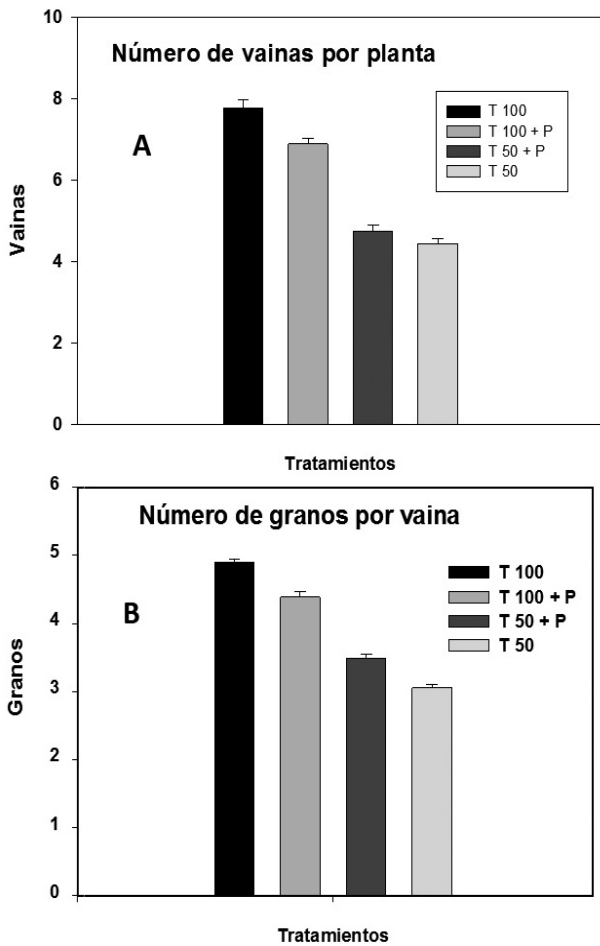


Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,05$

Figura 3. Variaciones en el contenido de biomasa seca en parte aérea (A), raíz (B) y el área foliar (C) de plantas de frijol cultivadas en dos variantes de riego y aplicaciones foliares de PectiMorf®

En la Figura 4A y B se presentan los resultados obtenidos en el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, respectivamente, donde se pudo apreciar que el comportamiento de ambas variables en las plantas fue muy similar y los valores

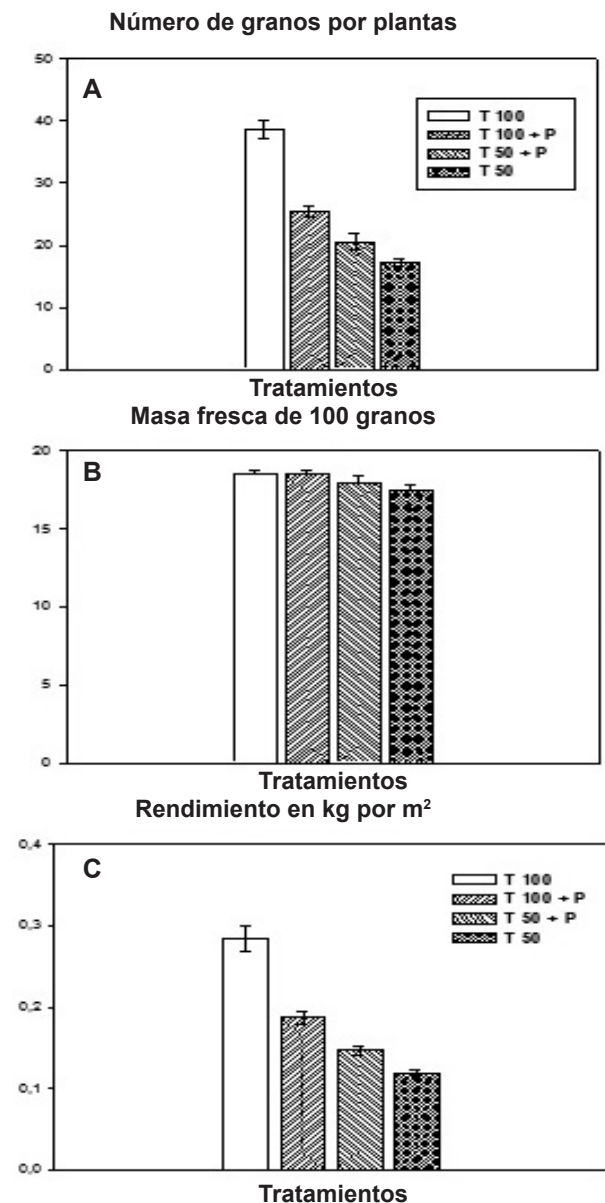
mayores de las mismas correspondieron a las plantas de T100, es interesante destacar que en esta variante de riego, las aplicaciones de PectiMorf® no produjeron un efecto positivo en la producción de vainas y granos. Sin embargo, al comparar los valores del número de granos por vaina entre T50 + P y T50, si se apreció un pequeño efecto estimulante del PectiMorf®. El hecho de que en estas variables, los mejores resultados se hayan alcanzado en las plantas de T100 está asociado a que la falta de agua reduce la producción de vainas en *P. vulgaris* L. (17,18). Dichos autores afirman que el frijol es extremadamente sensible al estrés hídrico en las etapas: reproductiva de la planta, en la formación del rendimiento, en el inicio de la floración, inicio de crecimiento de las vainas y llenado del grano.



Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,05$

Figura 4. Variaciones en el número de vainas por planta (A) y el número de granos por vaina (B) en plantas de frijol cultivadas en dos variantes de riego y con aplicaciones foliares de PectiMorf®

Los resultados alcanzados en cuanto al número de granos por planta, masa fresca de 100 granos y el rendimiento en kg m^{-2} (Figura 5A, B y C, respectivamente) se encontró que en la variable masa fresca de 100 granos (5B), las diferencias más importantes se presentaron entre las plantas de T50 y T100 + P con sólo 1,01 gramos de diferencia, mientras que en los restantes tratamientos los valores fueron muy similares. Por otra parte, las variables número de granos por planta (5A) y el rendimiento en kg m^{-2} (5C) tuvieron un comportamiento similar entre ellas y con respecto al número de granos por vaina (Figura 4B).



Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,05$

Figura 5. Influencia de dos variantes de riego y aplicaciones de PectiMorf® en el número de granos por planta (A) la masa fresca de 100 granos (B) y el rendimiento en kg m^{-2} (C)

El rendimiento en frijol es una variable compleja que depende de factores directos e indirectos. Entre los directos los de mayor importancia son: el número de vainas por planta, el número de granos por vaina y el peso del grano. En este caso, la mayor contribución al rendimiento correspondió fundamentalmente al número de vainas por planta y al número de granos por vaina, variables que se vieron favorecidas en las plantas de los tratamientos que recibieron mayor aporte hídrico (T100 y T100 + P) y solamente se evidenció un efecto beneficioso del PectiMor[®] en estas variables en las plantas del T50 + P. Estos resultados demuestran que el estrés hídrico afecta negativamente la formación del rendimiento en frijol principalmente al número de vainas por planta y el número de granos por vaina.

CONCLUSIONES

Al analizar el efecto de las dos variantes de riego estudiadas y las aplicaciones de PectiMor[®] en el cultivo del frijol, se comprobó que el estrés hídrico y las aplicaciones del producto favorecieron el crecimiento del cultivo en cuanto a la masa seca aérea, de raíz y el área foliar. Sin embargo, las aplicaciones de PectiMor[®] no favorecieron el rendimiento de las plantas. La contribución mayor al rendimiento correspondió fundamentalmente al número de vainas por planta y al número de granos por vaina, variables que se vieron favorecidas en las plantas de los tratamientos que recibieron mayor aporte hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Campos G, García M, Pérez D, Ramis C. Respuesta de 20 variedades de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) ante el estrés por NaCl durante la germinación y en fase plantular. *Biagro*. 2011;23(3):215-24.
2. Boicet T, Secada Y, Chaveco O, Boudet A, Gómez Y, Meriño Y, Reyes JJ, Ojeda CM, Tornes N, Barroso L. Respuesta a la sequía de genotipos de frijol común utilizando diferentes índices de selección. *Centro Agrícola*. 2011;38(4):69-73.
3. Urbina I, Sardans J, Beierkuhnlein C, Jentsch A, Backhaus S, Grant K, Kreyling J, Peñuelas J. Shifts in the elemental composition of plants during a very severe drought. *Environmental and Experimental Botany*. 2015;111:63-73.
4. Barrios EJ, López C, Kohashi J, Acosta JA, Miranda S, Mayek N. Avances en el mejoramiento genético del frijol en México por tolerancia a temperatura alta y a sequía. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2011;34(4):247-55.
5. Domínguez A, Mita N, Alemán S, Pérez Y, Sosa M, Fuente L. Algunos indicadores morfológicos y bioquímicos de cinco variedades de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de sequía. *Revista Avanzada Científica*. 2012;15(2):1-18.

6. Cabrera JC, Gómez R, Diosdado E, Hormaza JV, Iglesias R, Gutiérrez A, et al. Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal. La Habana, Cuba: Oficina de Registro de Patentes; RES 155/2003, AO1N9/12, CO 7H/033, Certificado 22859, 2003.
7. García L, Martínez V, Avendaño A, Padilla M, Izquierdo H. Acción de los oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate (*Solanum lycopersicon*), Universidad de Guadalajara, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2009;32(4):295-301.
8. Álvarez I, Reynaldo I, Cartaya O, Terán Z. Efectos de una mezcla de oligogalacturónidos en la morfología de hortalizas de importancia económica. *Cultivos Tropicales*. 2011;32(3):69-74.
9. Hernández JA, Pérez JJM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
10. Tamayo O. Utilización de diferentes índices como criterio de tolerancia a la sequía en frijol común [Tesis de Diploma]. [Granma, Cuba]: Universidad de Granma; 2012.
11. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. Evapotranspiración del cultivo: Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Rome: FAO; 2006. 299 p.
12. IBM Corporation. IBM SPSS Statistics [Internet]. U.S: IBM Corporation; 2010. Available from: <http://www.ibm.com>
13. Systat Software Inc. SigmaPlot[®] - Scientific Data Analysis and Graphing Software [Internet]. San Jose, CA, US; 2008. Available from: <https://www.laboratorynetwork.com/doc/scientific-graphing-software-sigmaplot-0001>
14. Ramos L, Arozarena NJ, Lescaille J, García F, Tamayo Y, Castañeda E, Lozano S, Rodríguez-Ortiz G. Dosis de PectiMor[®] para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2013;(6):1093-1105.
15. Terry E, Ruiz J, Tejeda T, Reynaldo I. Efectividad agrobiológica del producto bioactivo PectiMor[®] en el cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). *Cultivos Tropicales*. 2014;35(2):105-11.
16. 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*. 2014;1(2):191-203.
17. Acosta JA, Kohashi SJ. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Field Crops Research*. 1989;20:81-93.
18. Porch T, Ramírez V, Santana D, Harmsen E. Evaluation of common bean for drought tolerance in Juana Diaz, Puerto Rico. *Journal Agronomy & Crop Science*. 2009;195:328-34

Recibido: 11 de enero de 2016

Aceptado: 26 de diciembre de 2016