



Cambios fisiológicos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas con riego reducido y aplicaciones foliares de PectiMorf®

Physiological changes in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants with irrigation reduced and foliar applications of PectiMorf®

✉ José M. Dell'Amico-Rodríguez*, ✉ Lilisbet Guerrero-Domínguez, ✉ Donaldo Morales-Guevara, ✉ Rodolfo Guillama-Alonso, ✉ María C. González-Cepero

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

RESUMEN: Se estudió el efecto de aplicaciones foliares de PectiMorf® en plantas de frijol cultivadas bajo dos variantes de riego. Se sembraron con el cultivar “Tomeguín 93” 12 canaletas de hormigón. El riego consistió en aplicar el 100 y el 50 % de la ETc (Evapotranspiración estándar del cultivo) y las aplicaciones foliares de PectiMorf® fueron de 150 mg ha⁻¹, a los 20 y 35 días después de la siembra (DDS), dando lugar a los siguientes tratamientos: T1-100 % ETc, considerado como tratamiento control; T2- 100 % ETc + P (P= aplicación de PectiMorf® a los 20 y 35 DDS); T3- 50 % ETc + P y T4- 50 % ETc, considerado, este último, como tratamiento estrés. A los siete días de realizadas las aplicaciones de PectiMorf® (28 y 43 DDS) se evaluó el contenido de humedad del suelo y los diferentes indicadores fisiológicos, como son: el crecimiento en biomasa seca, el potencial hídrico foliar (Ψ_f), el potencial osmótico actual (Ψ_s), el potencial osmótico a máxima turgencia (Ψ_{100s}) y la conductancia estomática (gs). Además, se calculó el potencial hídrico del suelo a nivel de la interface suelo-raíz (Ψ_r) y la contribución de la deshidratación a los cambios en el potencial osmótico $\Delta\Psi_{ss}$. Los resultados mostraron un efecto positivo de las aplicaciones foliares de PectiMorf® en la mejora del estado hídrico de las plantas de frijol en ambas variantes de riego.

Palabras clave: evapotranspiración, crecimiento, estrés hídrico.

ABSTRACT: The effect of foliar applications of PectiMorf® was studied in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivated under two irrigation variants. For this, 12 concrete containers were planted with the cultivar “Tomeguín 93”. The irrigation consisted of applying 100 and 50 % of the ETc (standard evapotranspiration of the crop) and the PectiMorf® foliar applications were 150 mg ha⁻¹ at 20 and 35 days after sowing giving rise to the following four treatments: T1-100 % ETc, considered as control treatment. T2- 100 % ETc + P (P = PectiMorf® application at 20 and 35 DAS) T3- 50 % ETc + P and T4- 50 % ETc, considered as stress treatment. Seven days after the PectiMorf® applications (28 and 43 DAS) were evaluated, the soil moisture content and different physiological indicators such as growth in dried biomass, leaf water potential (Ψ_f), actual osmotic potential (Ψ_s), osmotic potential at maximum turgor (Ψ_{100s}) and stomatal conductance (gs). In addition, the water potential of the soil at the level of the soil-root interfaces (Ψ_r) and the contribution of dehydration to changes in potential osmotic $\Delta\Psi_{ss}$ were calculated. The results showed a positive effect of the foliar applications of PectiMorf® in the improvement of plants water status in both irrigation variants.

Key words: bean, plant water relations, water stress.

*Autor para correspondencia: amico@inca.edu.cu

Recibido: 21/02/2022

Aceptado: 30/10/2022

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización-** José Miguel Dell'Amico, Donaldo Morales Guevara. **Investigación-** José Miguel Dell'Amico, Lilisbet Guerrero Domínguez, Rodolfo Guillama Alonso. **Metodología-** Lilisbet Guerrero Domínguez, Rodolfo Guillama, María Caridad González Cepero. **Supervisión-** José Miguel Dell'Amico. **Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y curación de datos-** José Miguel Dell'Amico.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un alimento de importancia básica para el consumo humano que se cultiva en todo el mundo (1).

En América Central y el Caribe, a menudo, se produce el frijol en suelos de baja fertilidad, lo cual reduce su rendimiento (2). Alrededor del 60 % de la producción se obtiene en condiciones de déficit hídrico; por lo que este factor es el que más contribuye en la reducción del rendimiento, después de las enfermedades (3). En Cuba, gran parte de su producción se alcanza en condiciones de escasos sistemas de riego por lo que, seguramente, las plantas en algún momento de su ciclo biológico se encuentren expuestas a determinado estrés hídrico, afectando procesos que limitan su desarrollo. Además, en el cultivo del frijol se han obtenido resultados que evidencian una baja productividad e ineficiencia en el uso del agua (4).

Para hacer más eficientes los sistemas productivos, diferentes industrias comercializan complejos nutritivos que contienen micronutrientes, aminoácidos, extractos vegetales y fitohormonas, los cuales se han denominado promotores del crecimiento vegetal de origen biológico o bioestimulantes (5,6). La amplia gama de bioestimulantes ofrece una alternativa biotecnológica porque promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejora su metabolismo y las protege contra los estreses bióticos y abióticos (7,8).

El PectiMorf® es un bioestimulante natural e inocuo, compuesto por una mezcla de oligogalacturónidos, obtenidos a partir de la pectina cítrica, cuyo principio activo es una mezcla de α -1,4 oligogalacturónidos con diferentes grados de polimerización. Es considerado un potente elicitador de defensa en plantas y estimulante de la nodulación y del crecimiento radical en frijol (9). Además, puede disminuir o atenuar el estrés abiótico en las plantas (10).

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar los cambios fisiológicos debido a aplicaciones foliares de PectiMorf® en el frijol, cultivado con riego reducido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque. Se utilizaron 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 (11). En cada contenedor fueron sembradas 44 semillas, dispuestas en dos hileras, de frijol (*Phaseolus vulgaris*), cultivar "Tomeguín 93", considerado susceptible al estrés hídrico.

Se utilizaron dos tratamientos de riego y se realizaron dos aplicaciones foliares de PectiMorf® 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), dando lugar a los siguientes cuatro tratamientos:

T1-100 % ETc: regado al 100 % de la evapotranspiración estándar del cultivo, considerado como tratamiento Control.

T2- 100 % ETc + P: regado al 100 % de la evapotranspiración estándar del cultivo y aplicaciones foliares de PectiMorf® a los 20 y 35 DDS.

T3- 50 % ETc + P: regado al 50 % de la ETc y aplicaciones foliares de PectiMorf® a los 20 y 35 DDS.

T4- 50 % ETc, regado al 50 % de la ETc, considerado como tratamiento estrés.

Los tratamientos fueron analizados según un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones.

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) y la ETc se calcularon mediante el programa CropWat 8.0 y utilizando una serie de 30 años (1990-2020) de datos de la estación meteorológica de Tapaste, ubicada a 300 m del sitio experimental.

Los coeficientes de cultivo Kc empleados fueron: Kc. inicial= 0,15, Kc. medio= 1,10 y Kc. final= 0,65.

Durante los primeros cinco DDS, el riego fue igual en todos los tratamientos. A partir de ese momento, el riego se aplicó según correspondió a cada variante de riego. Otras atenciones culturales fueron realizadas por igual a todas las plantas.

La humedad del suelo (%) se midió a los 28 y 43 DDS, coincidiendo con las evaluaciones de los diferentes indicadores fisiológicos y se realizó mediante un equipo HD2 Precise Moisture Measurement equipado con una sonda de 16 cm de longitud Moisture Sensor TRIME®-PICO TDR Technology, Germany. En cada tratamiento se realizaron 30 mediciones a 16 cm de profundidad.

Las variables masa seca de la parte aérea y de la raíz en gramos (g) se evaluaron a los 28 y 43 DDS. Las masas secas se obtuvieron por secado en estufa de tiro forzado a 75 °C hasta masa constante.

El potencial hídrico foliar (Ψ_f), potencial osmótico actual (Ψ_s) y el potencial osmótico a máxima saturación (Ψ_{100s}) en hojas, se midieron en cinco plantas por tratamiento y siguiendo la metodología realizada por (12).

Los cambios en Ψ_s ($\Delta\Psi_s$) y en Ψ_{100s} ($\Delta\Psi_{100s}$) se calcularon según la metodología empleada (14), como la diferencia en Ψ_s y Ψ_{100s} , medidos siete días después de cada aplicación foliar de PectiMorf® (28 y 43 DDS), así como la contribución de la deshidratación a los cambios de Ψ_s ($\Delta\Psi_{ss}$).

El potencial hídrico del suelo, a nivel de la interface suelo-raíz (Ψ_r), se calculó mediante el método utilizado (13), en este caso particular, se tomaron los tratamientos T1-100 % ETc y T2- 100 % ETc + P como controles (c) y T3-50 % ETc + P y T4-50 % ETc como estresados (e), de acuerdo a la fórmula:

$$\Psi_r = (\Psi^* f^e - (\Psi^{f^c}) * (g_s^e / g_s^c))$$

donde: Ψ^e y Ψ^{f^c} corresponden al valor medio del potencial hídrico foliar de las plantas de los tratamientos

T3-50 % ETc + P y T4-50 % ETc y T1-100 % ETc y T2-100 % ETc + P, respectivamente. El valor de Ψ_r se asume como cero para las plantas de los tratamientos controles.

Se midió la conductancia estomática (gs) empleando un porómetro de difusión modelo SC-1, en 10 plantas por cada tratamiento. En todas las evaluaciones de las relaciones hídricas, las hojas fueron tomadas del tercio superior de las plantas, expuestas al sol y completamente desarrolladas.

Para el cálculo del intervalo de confianza de las medias se utilizó el Programa estadístico SPSS 19.0 para Windows. Los gráficos de los resultados se realizaron mediante el programa SIGMA PLOT 11.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Figura 1A**, se puede apreciar que en los tratamientos de riego T1 y T2, la humedad del suelo a los 28 DDS estuvo ligeramente por encima del 100 % de la Capacidad de campo (C.c), sin diferencias entre ambos, y a los 43 DDS en T2 la humedad descendió a alrededor del 90 % de C.c. y con diferencias respecto al T1, donde la humedad del suelo fue del 100 % de la C.c.

En T4 y T3, los valores a los 28 DDS estuvieron entre el 60 y 80 % de la C. c. con diferencias a favor de T3, y a los 43 DDS, el valor más bajo correspondió a T4.

En general, el Ψ_r decreció en las plantas de T3 y T4 con y sin aplicación foliar de PectiMorf®, debido al estrés hídrico inducido por el riego al 50 % de la ETc. (**Figura 1B**).

Es de destacar, que a los 28 DDS hubo diferencias a favor de las plantas con PectiMorf® que presentaron los valores menos negativos, mientras que a los 43 DDS no se apreciaron diferencias estadísticas entre las plantas de ambos tratamientos.

Este comportamiento evidencia el efecto de los tratamientos de riego en las diferencias de humedad del suelo y en la interface suelo-raíz, así como un ligero efecto beneficioso del PectiMorf® en cuanto a la economía del agua por las plantas.

A los 28 DDS, los valores mayores de masa seca radical (**Figura 2A**) correspondieron a las plantas de T4 seguidas por las de T3, con diferencias entre ellas, y los valores más

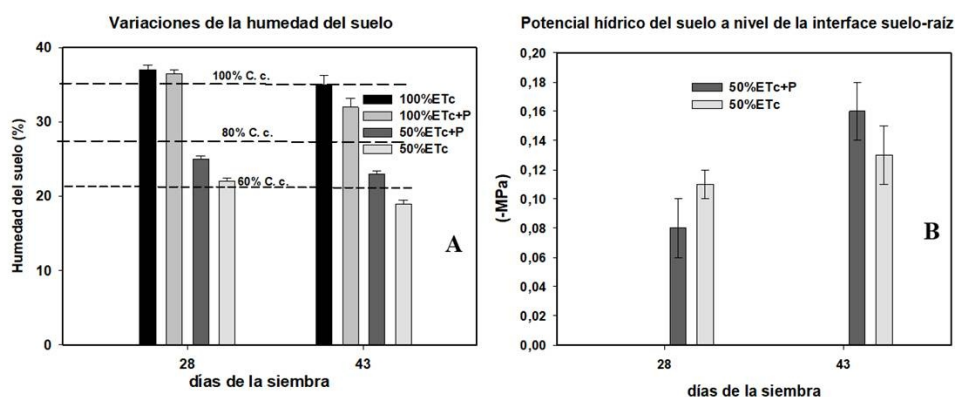
bajos correspondieron a las plantas de T1 y T2, sin diferencias entre ambos tratamientos. Este comportamiento está asociado, en lo fundamental, a que el menor contenido de humedad en el suelo favoreció el crecimiento en masa seca de la raíz, independientemente de la aplicación foliar de PectiMorf®. Sin embargo, a los 43 DDS si se encontró un efecto significativo del crecimiento en la masa seca de este órgano, favorecido por las aplicaciones del PectiMorf®, poniéndose de manifiesto el poder enraizador de este producto (14).

En un estudio realizado con plantas de frijol (Cuba Cueto-25-9-N) biofertilizadas con Azofert®-F se concluyó que, el mayor efecto del PectiMorf® se manifestó en un mayor desarrollo del sistema radical (9).

En cuanto a la biomasa de la parte aérea (**Figura 2B**) a los 28 DDS, se encontraron diferencias entre las plantas de todos los tratamientos y los mejores valores se obtuvieron en las plantas de T3 y los más bajos en las de T1. A los 43 DDS, los valores más bajos de este indicador se encontraron en las plantas de T1 y T4 sin diferencias entre ellas y los más altos estuvieron en las de T2 y T3, patentizándose el efecto positivo del PectiMorf® en el incremento de la masa seca aérea, independientemente del tratamiento de riego. Trabajos realizados acerca de los efectos fisiológicos del estrés hídrico en variedades y líneas de frijol, se ha considerado que el mayor crecimiento de la biomasa del follaje y la longitud de la raíz pueden ser criterios útiles en la identificación y selección de genotipos tolerantes a este estrés (15; 16).

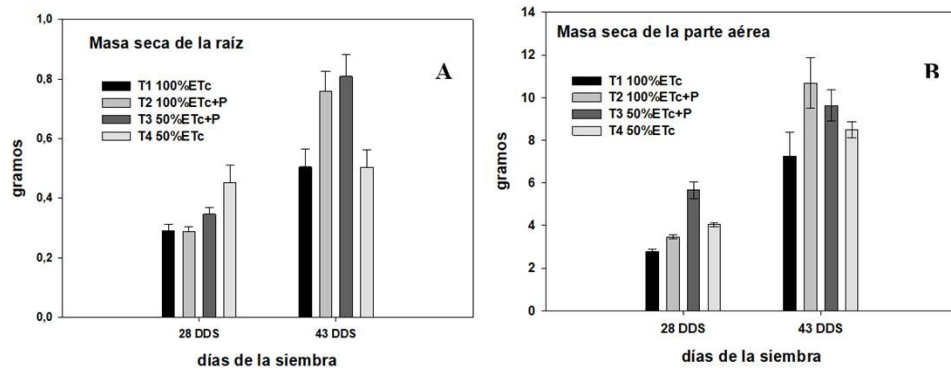
El efecto del estrés hídrico en la disminución de la humedad del suelo y en la interface suelo- raíz propició una mayor resistencia a la absorción de agua y condujo a un decrecimiento del Ψ_f (**Figura 3A**). Cabe señalar, que los valores más negativos de Ψ_f tanto a los 28 como a los 43 DDS se presentaron en las plantas de T4.

En las evaluaciones del Ψ_s (**Figura 3B**) a los 28 DDS se encontró que los valores menores correspondieron a las plantas de T4, y las de T3 presentaron valores iguales a las de T1 y T2. Mientras que, a los 43 DDS el valor más alto correspondió a las plantas de T1, diferenciándose de los demás tratamientos.



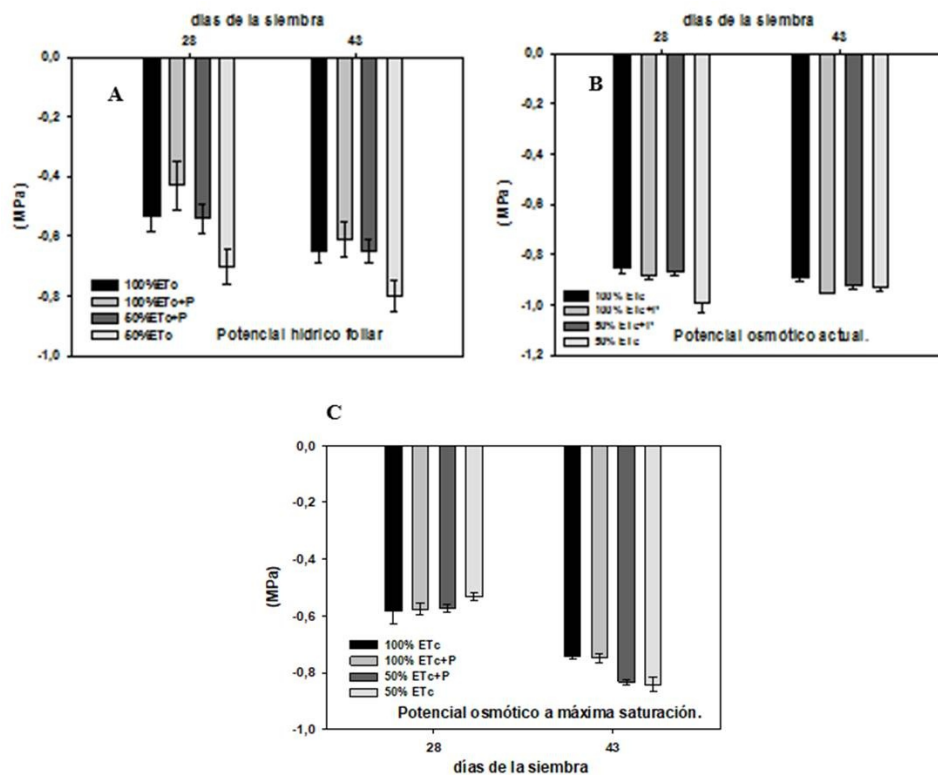
Las barras sobre los valores medios indican el Intervalo de Confianza de las medias $\alpha = 0,05$

Figura 1. Valores de Humedad del suelo (A) y Ψ_r (B)



Las barras sobre los valores medios indican el Intervalo de Confianza de las medias $\alpha=0,05$

Figura 2. Efecto de las aplicaciones foliares de PectiMorf® en las variables del crecimiento masa seca de raíz (A) y parte aérea (B) de plantas de frijol cultivadas con dos variantes de riego



Las barras sobre los valores medios indican el Intervalo de Confianza de las medias $\alpha=0,05$

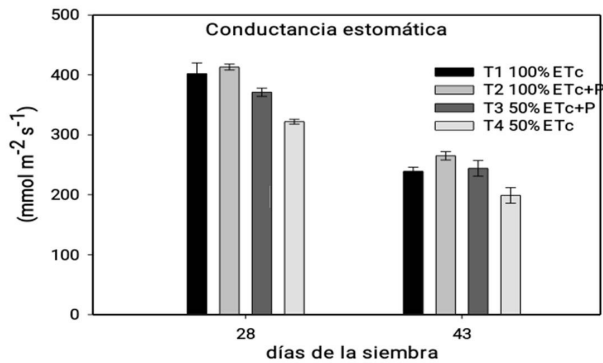
Figura 3. Valores de Ψ_f (A), Ψ_s (B) y Ψ_{100s} (C)

En el Ψ_{100s} (Figura 3C), a los 28 DDS, el valor ligeramente menos negativo correspondió a las plantas de T4 con diferencias con el resto de los tratamientos y, a los 43 DDS las plantas de T4 y T3 presentaron los valores más negativos sin diferencias entre ellas y si pequeñas diferencias con las de los demás tratamientos. Este comportamiento indica que en las plantas más estresadas no ocurrió el proceso de ajuste osmótico lo que, en general, está asociado a la velocidad del desarrollo del estrés hídrico o a la baja acumulación de solutos inorgánicos que no contribuyeron a la osmorregulación de las plantas (17).

En la Figura 4, se encontró que a los 28 DDS los valores más bajos de g_s correspondieron a las plantas de T4, con

diferencias de $50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en comparación a las del T3 y de aproximadamente $90 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ con las de T1 y T2.

A los 43 DDS, en general, hubo una disminución de la g_s en todos los tratamientos con respecto a los 28 DDS. Es importante señalar que la g_s más baja también correspondió a las plantas del tratamiento T4 y los valores de g_s de las plantas de T3 no difirieron de las plantas regadas al 100 % de la ETC, con y sin aplicación de PectiMorf®. Este comportamiento evidencia las potencialidades del PectiMorf® aplicado foliarmente en atenuar el efecto de la deficiencia hídrica, en un indicador tan importante como la g_s .

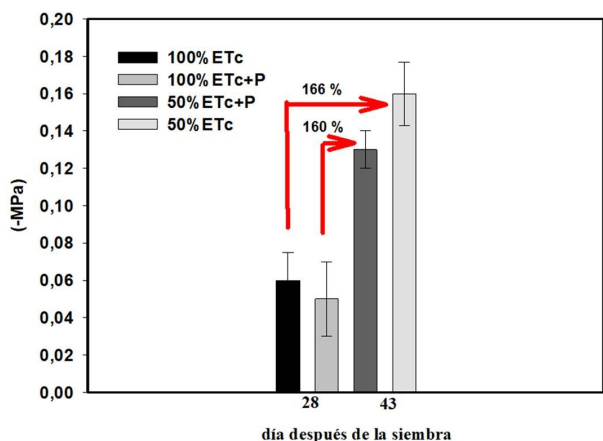


Las barras sobre los valores medios indican el Intervalo de Confianza de las medias $\alpha=0,05$

Figura 4. Efecto de las aplicaciones foliares de PectiMorf® en la gs de plantas de frijol cultivadas bajo dos variantes de riego

Debido a la reducción de la humedad del suelo, del potencial hídrico en la superficie de la raíz y del potencial hídrico foliar en las plantas estresadas, la conductancia estomática disminuyó considerablemente en las plantas de T4, funcionando como un mecanismo para evadir las pérdidas excesivas de agua, coincidiendo, en lo fundamental, con lo señalado en otras investigaciones (17).

En la **Figura 5** se muestra la contribución de la deshidratación a los cambios de potencial osmótico $\Delta\PSS$. En las plantas de los tratamientos bien abastecidos de agua, los valores estuvieron en el orden de -0,04 a -0,06 MPa, sin diferencias entre ellas y en las plantas estresadas, los valores fueron 160 y 166 % más negativos con respecto a sus controles. Además, los valores más nocivos correspondieron a las plantas del T4 regadas al 50 % de la ETc, sin aplicación de PectiMorf®.



Las barras sobre los valores medios indican el Intervalo de Confianza de las medias $\alpha=0,05$

Figura 5. Contribución de la deshidratación a cambios en el Ψ s entre los 28 y 43 DDS en plantas de frijol con diferentes tratamientos de riego

CONCLUSIONES

- Se observó un efecto beneficioso de las aplicaciones foliares del PectiMorf® en todos los indicadores

fisiológicos evaluados, que en algunos casos su evidencia fue ligera, como en el Ψ_r , Ψ_s , Ψ_{100s} , buena en el Ψ_f y $\Delta\PSS$ y muy buena en la masa seca radical y en la gs y su mayor efecto se patentizó, principalmente, en las plantas expuestas a la deficiencia hídrica.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere seguir investigando, ya que la aplicación de productos como el PectiMorf®, o de efectos similares, en los sistemas agrícolas constituyen una opción sostenible e imprescindible para la adaptación o tolerancia de los cultivos al cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Raatz B, Mukankusi C, Lobaton JD, Male A, Chisale V, Amsalu B, et al. Analyses of African common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm using a SNP fingerprinting platform: diversity, quality control and molecular breeding. Genetic Resources and Crop Evolution [Internet]. 2019 [cited 2024 Feb 20];66(3):707-22. doi:10.1007/s10722-019-00746-0
- Beaver JS, González-Vélez A, Lorenzo-Vázquez G, Macchiavelli R, Porch TG, Estevez-de-Jensen C. Performance of Mesoamerican bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines in an unfertilized oxisol. Agronomía Mesoamericana [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 20];32(3):701-18. doi:10.15517/am.v32i3.44498
- Karimzadeh Soureshjani H, Nezami A, Kafi M, Tadayon M. The Effect of Deficit Irrigation on Dry Matter Partitioning, Mobilization and Radiation Use Efficiency of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 20];51(3):307-26. doi:10.1080/00103624.2019.1705323
- González-Cueto O, Montaña-Valladares A, López-Bravo E, Sánchez-Valle S, Zambrano-Casanova DE, Macías-Martínez LM, et al. Productividad del agua de riego en cultivos seleccionados de la región central de Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 20];29(1):56-63. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542020000100006&lng=es&nrm=iso&tIng=es
- Winkler AJ, Dominguez-Nuñez JA, Aranaz I, Poza-Carrión C, Ramonell K, Somerville S, et al. Short-Chain Chitin Oligomers: Promoters of Plant Growth. Marine Drugs [Internet]. 2017 [cited 2024 Feb 20];15(2):40. doi:10.3390/md15020040
- Rouphael Y, Colla G. Editorial: Biostimulants in Agriculture. Frontiers in Plant Science [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 20];11(40):1-7. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.00040>
- Van Oosten MJ, Pepe O, De Pascale S, Silletti S, Maggio A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. Chemical and Biological Technologies in Agriculture [Internet]. 2017 [cited 2024 Feb 20];4(1):5. doi:10.1186/s40538-017-0089-5
- Santos MS, Nogueira MA, Hungria M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and

- previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. *AMB Express*. 2019;9(1):205. doi:10.1186/s13568-019-0932-0
9. Lara D, Ramírez M, Leija A, Costales D, Nápoles MC, Falcón-Rodríguez AB, et al. Effect of a mix of oligogalacturonides on symbiotic nitrogen fixation in common bean. *Agronomía Colombiana* [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 20];39(1):30-6. doi:10.15446/agron.colomb.v39n1.92081
 10. Núñez-Vázquez M, Martínez-González L, Reyes-Guerrero Y. Oligogalacturónidos estimulan el crecimiento de plántulas de arroz cultivadas en medio salino. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2018 [cited 2024 Feb 20];39(2):96-100. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1451>
 11. Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Speck NC. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2019 [cited 2024 Feb 12];40(1):a15-e15. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504>
 12. José M Dell 'Amico, Roberqui Martín Martín, Mompie EIJ, Donaldo Morales Guevara, Llerena RP. Physiological response of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar INCA TH 4 to water deficit. *Cultivos Tropicales*. 2016 [cited 2024 Feb 20]; doi:10.13140/RG.2.1.4157.2080
 13. Acosta DL, Menéndez DC, Rodríguez AF. Los oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2018 [cited 2024 Feb 20];39(2):127-34. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1458>
 14. Lorente B, Zugasti I, Sánchez-Blanco MJ, Nicolás E, Ortuño MF. Effect of *Pisolithus tinctorius* on Physiological and Hormonal Traits in Cistus Plants to Water Deficit: Relationships among Water Status, Photosynthetic Activity and Plant Quality. *Plants* [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 20]; 10(5):976. doi:10.3390/plants10050976
 15. Veitia N, Martirena-Ramírez A, García LR, Collado R, Torres D, Rivero L, et al. Líneas de grano negro de *Phaseolus vulgaris* L. promisorias por respuesta a condiciones de estrés hídrico. *Bioteología Vegetal* [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 20];20(1):17-22. Available from: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/651>
 16. Montero-Tavera V, Gutiérrez-Benicio GM, Mireles-Arriaga AI, Aguirre-Mancilla CL, Acosta-Gallegos JA, Ruiz-Nieto JE, et al. Efectos fisiológicos del estrés hídrico en variedades de frijol tolerantes a la sequía. *Acta universitaria* [Internet]. 2019 [cited 2024 Feb 20];29. doi:10.15174/au.2019.1816
 17. Estrada-Prado W, Chávez-Suárez L, Maceo-Ramos YC, Jerez-Mompie E, Nápoles-García MC. Efecto del Azofert®-F en la respuesta estomáca del frijol ante el déficit hídrico1. *Agronomía Mesoamericana* [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 20];32(2):442-51. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/437/43766744007/html/>