



EFECTO DEL PECTIMORF® EN EL ÍNDICE ESTOMÁTICO DE PLANTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Pectimorf® effect on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) stomatal index

Idioleidy Álvarez Bello[✉] e Inés M. Reynaldo Escobar

ABSTRACT. Plant development and growth is potentiated by Pectimorf under drought conditions, but its action mechanism is unknown. Due to, to determine the effect of Pectimorf® on stomatal distribution in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) leaf surface was the aim of this research. C 25-9 Cuban cultivar was employed and sprayed with Pectimorf® to a rate of 10 mg L⁻¹. To anatomical study, foliar epidermis was observed to optical microscope (Motic) light and photographed with a camera attached. Stomata variables were measured by morphometric ImageJ program and processed with the statistical package Stargrafic 5.0. Stomata index increase was observed in Pectimorf® treated plant and this result could be to favour plant water status. The structure of epidermal cells remained unchanged on both leaf surfaces, however, some changes in size of stomatal cells were observed in presence of Pectimorf®. More narrow and short occlusive cells on abaxial surface were exhibited on treated plants, so leaves with the most stomatal index were characterized by smallest stomata. The results obtained allowed to know that Pectimorf® causes changes in the distribution patterns and stomatal morphogenesis, which could be to favor successfully growing of bean plant in unfavorable environments.

RESUMEN. Pectimorf® es un producto bioactivo que potencia el crecimiento y desarrollo de las plantas en condiciones de sequía. No obstante, se desconoce su mecanismo de acción en la planta, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo determinar su efecto en la densidad de los estomas en la superficie foliar de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Para ello se empleó el cultivar cubano Cuba C 25-9, el cual se asperjó con 10 mg L⁻¹ de Pectimorf®. Para el estudio anatómico la epidermis foliar fue observada al microscopio óptico de luz (Motic) y fotografiada con una cámara acoplada. Las variables estomáticas fueron medidas mediante el programa morfométrico ImageJ y procesadas con el paquete estadístico Stargrafic 5.0. Se demostró que Pectimorf® provoca un incremento en el índice estomático (IE) del cultivar estudiado. La estructura de las células epidérmicas permaneció inalterable en ambas superficies foliares; sin embargo el tamaño de las células estomáticas se modificó con la presencia del producto. En la superficie abaxial las células oclusivas se mostraron más estrechas y cortas, lo que evidenció que las hojas de mayor índice estomático presentaron estomas más pequeños. Los resultados permiten aseverar que Pectimorf® provoca modificaciones en los patrones de distribución y morfogénesis estomática, lo que pudiera favorecer el crecimiento adecuado de las plantas de frijol en ambientes desfavorables.

Key words: stomatal index, oligogalacturonides, bean, *Phaseolus*

Palabras clave: índice estomático, oligogalacturónidos, frijol, *Phaseolus*

INTRODUCCIÓN

La superficie epidérmica foliar presenta un gran número de poros microscópicos llamados estomas. La apertura de dichos poros se controla a través de los cambios en el tamaño y la forma de dos células especializadas, llamadas células oclusivas, que flanquean la apertura estomática y poseen una

estructura característica que les permite regular la apertura del poro estomático (1). Estas estructuras se encuentran en todas las partes aéreas de la planta, pero son más abundantes en las hojas, dado que la epidermis y la cutícula de los órganos aéreos forman una capa continua y los estomas son las discontinuidades por donde la planta realiza la mayor parte del intercambio de O₂, CO₂, vapor de agua y otros gases (1, 2).

La forma de los estomas es distintiva de los diferentes grupos de plantas, siendo muy conocida la diferencia entre mono y dicotiledóneas (1). Los

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

✉ ialvarez@inca.edu.cu; ines@inca.edu.cu

patrones de desarrollo y estructura estomática han sido abordados en diversos estudios (3, 4, 5), así como la respuesta de los estomas en cuanto a tamaño, apertura, y densidad en función de la concentración de CO₂ (6, 7), intensidad de la luz (6, 8) régimen hídrico (9, 10) y variación de la temperatura (11).

Según la teoría más reciente que explica el desarrollo y los patrones de distribución estomáticos, los mismos pueden formarse a partir de células que poseen la información genética necesaria, llamadas meristemoides satelitales y que se encuentran en la epidermis de la hoja (12). De manera que este carácter es susceptible a cambiar en ciertas etapas de crecimiento de la planta o en respuesta a diversos estímulos ambientales (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) que sean capaces de desencadenar divisiones sucesivas de estas células en potencia.

Razones por las cuales, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de Pectimorf® en la distribución de los estomas en la epidermis foliar de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, empleándose el cultivar cubano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Cuba C 25-9. Para el desarrollo del experimento se sembraron un total de 30 plantas en macetas plásticas de 5 L, en un suelo Ferralítico Rojo compactado (21).

Con el propósito de garantizar una adecuada fijación biológica del nitrógeno en todas las plantas, se aplicó Azofert a las semillas en el momento de la siembra, a razón de 200 mL por cada 50 kg de semillas (22). Para el estudio del efecto de la mezcla de oligogalacturonidos, 15 plantas fueron asperjadas con una solución de Pectimorf® a razón de 10 mg L⁻¹ al iniciarse la segunda etapa de la fase vegetativa de cultivo, específicamente, en el momento en el que el 50 % de las plantas tenían desplegada su primera hoja trifoliada.

El muestreo foliar se realizó en las plantas controles y asperjadas, cuando comenzó el llenado de las vainas y para el mismo se seleccionó la tercera hoja trifoliada de cinco plantas por tratamiento. Para obtener la epidermis foliar se siguió el procedimiento de raspado (23). El muestreo fue siempre en el tercio medio de la hoja, entre las nervaduras y una vez obtenidas las láminas epidérmicas se procedió a contrastarlas con azul de toluidina. Posteriormente fueron fotografiadas con una cámara acoplada al microscopio óptico de luz (Motic), con un objetivo de 40X (IE) y 100X y un ocular de 10X.

Se realizaron un total de 20 observaciones (400X), correspondientes a cinco repeticiones por cada tratamiento. La caracterización de los estomas (1000x) y la determinación del índice estomático

(IE) (400x) se realizaron sobre las microfotografías tomadas al microscopio y con el empleo del Programa Morfométrico ImageJ.

Para el conteo de estomas y células epidérmicas se consideró el número de estomas cuando las dos células oclusivas estaban presentes y las células epidérmicas, cuando tenía más del 60 % en el área muestreada.

El índice estomático (IE) se calculó utilizando la fórmula siguiente (24):

$$IE = [E / (E + CE)] \times 100.$$

dónde:

E: número de estomas

CE: número de células epidérmicas

La comparación de medias se realizó por la prueba T de Student, para el 5 % de probabilidad, empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS Versión 5.0 sobre Windows (25).

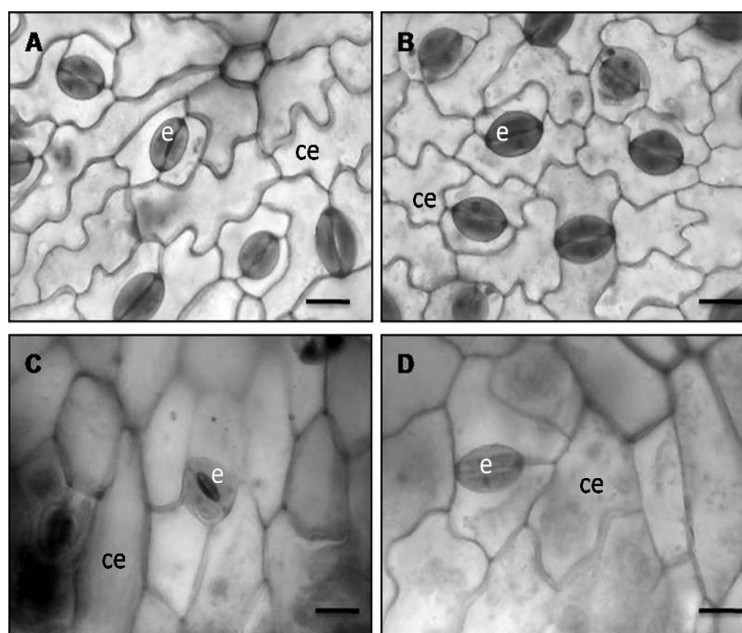
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo apreciar una estructura epidérmica similar en plantas de *Phaseolus vulgaris* L. asperjadas y en plantas controles, donde los estomas paracíticos, distribuidos al azar, exhibieron dos células anexas dispuestas paralelamente con respecto a las oclusivas. Estas características coinciden con la descripción realizada anteriormente en plantas de frijol común, donde también las células oclusivas mostraron una forma arriñonada, como es típico de las plantas dicotiledóneas (Figura 1).

En relación a su localización en hoja, los estomas se pudieron observar tanto en la superficie abaxial como en la adaxial, por lo que se considera una especie anfiestomática (1, 26, 27). No obstante, se pudo apreciar una mayor frecuencia de aparición de estomas en la superficie abaxial (Figura 1). Resultado que responde a un mecanismo que han desarrollado las plantas para evitar que la luz solar incida directamente sobre los estomas y evitar así la pérdida de agua por transpiración.

La luz es el estímulo más importante para desencadenar el movimiento estomático y la respuesta de los estomas está estrechamente relacionada con la recepción y conversión de la señal luminosa en función de la actividad metabólica de las células oclusivas (28).

Cuando las plantas se someten a estímulos de luz cortos los estomas pueden regular la transpiración mediante el mecanismo de apertura y cierre; sin embargo, cuando la exposición es a largo plazo tiene otras implicaciones para la planta como la deshidratación (29); de manera que la menor localización de los estomas en la superficie adaxial provoca un incremento en la resistencia estomática de esta superficie expuesta directamente a la radiación solar y así evitar la pérdida de agua.



(A, B) superficie abaxial y (C, D) superficie adaxial. e: estoma, ce: célula epidérmica. La barra representa 60 micras. 400X.

Figura 1. Microfotografías de la epidermis foliar de plantas controles (A,C) y plantas asperjadas con 10 mg L⁻¹ de Pectimorf®.

La Tabla I muestra cómo en la epidermis abaxial de las hojas de las plantas asperjadas con Pectimorf® se apreció un incremento significativo del número de estomas y, por tanto, del índice estomático, que no es más que un valor diagnóstico que expresa el número de estomas por superficie foliar en los fragmentos de láminas foliares (30).

Este resultado reviste gran importancia tomando en consideración que la transpiración y la intensidad de la respiración en las plantas es directamente proporcional al número y abertura de los estomas (31), ya que estos indicadores influyen directamente en la regulación del intercambio gaseoso y la tasa fotosintética en las plantas.

La actividad estomática es una de las estrategias a través de las cuales las plantas regulan la pérdida de agua y la ganancia de carbono, ya que los estomas responden rápidamente a los cambios ambientales (32). Lo anterior permite sugerir que un evento que modifique la densidad estomática en función de los procesos bioquímicos de la fotosíntesis, podría ser una vía eficaz para mejorar la producción de algunos

cultivos. En este sentido, los resultados indican que, al menos en estas condiciones, Pectimorf® pudiera favorecer la capacidad fotosintética ejerciendo su efecto en los patrones de desarrollo estomáticos en las plantas de frijol.

Por otro lado, Pectimorf® funciona como un mensajero químico hormonal que regula los mecanismos de crecimiento y diferenciación en diferentes cultivos, acelerando el proceso de crecimiento de las plantas, por lo que este producto pudo haber favorecido la simbiosis *Bradyrhizobium*-frijol, como ha sido informado en la aplicación conjunta de Pectimorf con Azofert y de Azofert con EcoMic en el cultivo de la soya (33).

Se ha demostrado que los oligogalacturónidos afectan el alargamiento inducido por auxinas, estimulan la formación de flores y la organogénesis radical (34, 35), así como el engrosamiento de la pared en células del periciclo, favoreciendo la división de células que conducen a la formación de nuevos estomas (36).

Tabla I. Comportamiento del índice estomático en la epidermis abaxial de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), controles y asperjadas con 10 mg L⁻¹ de Pectimorf®.

Tratamiento	Número de estomas	Número de células epidérmicas	Índice estomático (mm ²)
Control	13,65 a	41,06 a	24,05 a
Pectimorf®	15,35 b	40,56 a	27,45 b

El análisis morfométrico de los estomas evidenció cambios en la morfología de los mismos. En las plantas asperjadas con el producto, tanto la longitud, como el ancho de las células oclusivas, disminuyeron significativamente en relación con las no asperjadas (Tabla II), observándose en las primeras estomas más pequeños.

No obstante, la respuesta del número de estomas y el tamaño de las células oclusivas a las variables ambientales pueden ser estrictamente dependientes del tiempo y una de las razones por la cual, los complejos mecanismos fisiológicos de respuesta estomática no han sido completamente estudiados (41, 42).

Tabla II. Comportamiento de la longitud y el ancho de las células oclusivas en la epidermis abaxial de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), controles y asperjadas con 10 mg L⁻¹ de Pectimorf®.

Tratamiento	Longitud de las células	Ancho de las células
Control	63,65 a	16,06 a
Pectimorf®	55,35 b	10,56 b

La forma arriñonada de los estomas parece ser una característica importante para las plantas de condiciones de sombra húmeda y profunda, pero su comportamiento dinámico lento podría conducir a un problema en condiciones de sequía (37). Por tanto se pudiera pensar que los pequeños estomas observados en las plantas tratadas con Pectimorf®, pudieran abrir y cerrar más rápidamente, siendo capaces de incrementar con facilidad la conductancia estomática de la hoja y maximizar la difusión de CO₂ durante condiciones desfavorables para la fotosíntesis (37), si se tiene en cuenta que, la sección transversal donde tiene lugar el intercambio gaseoso está determinada, tanto por la abertura estomática (abertura del poro), como por las características anatómicas de los estomas (del tamaño y densidad) (38), y que en consecuencia, el efecto de variables ambientales en la conductancia difusiva del vapor de agua en la hoja consiste en una dinámica a largo y a corto plazo.

Es posible que Pectimorf® asperjado en la primera hoja trifoliada, haya favorecido la división celular en la epidermis de las subsiguientes hojas, tomando en consideración que los procesos a largo plazo se refieren al período de expansión de las hojas (semanas) e implican efectos ambientales sobre la capacidad de los estomas para afinar su apertura, pero también en su tamaño y densidad (39); mientras que la dinámica a corto plazo (segundos a horas) es mediada por los ajustes en la apertura del poro que son reversibles (28).

La relación que se demuestra entre la densidad de los estomas y el tamaño de las células oclusivas, también ha sido observada en otras especies, de manera que altas densidades estomáticas suelen presentarse con células oclusivas pequeñas en plantas expuestas a condiciones adversas, aun cuando cada paso del desarrollo estomático, desde la iniciación hasta la diferenciación, está altamente organizado y regulado genéticamente (40).

La presente investigación mostró evidencias de que Pectimorf® puede modificar los patrones de desarrollo estomático, minimizando la pérdida de agua por transpiración. Por otro lado se encontraron modificaciones en el tamaño de los estomas, posibilitando una adecuada relación entre la distribución de estos y el tamaño de las células oclusivas.

Estos resultados constituyen el primer acercamiento al efecto que puede provocar Pectimorf® en la morfogénesis estomática de las plantas y sus potencialidades para favorecer el desarrollo de estas en condiciones adversas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Taiz, L. y Zeiger, E. *Plant Physiology*, 4.^a ed., edit. Palgrave Macmillan, 1 de septiembre de 2006, p. 764, ISBN 978-0-87893-856-8.
2. Clément, M.; Leonhardt, N.; Droillard, M.-J.; Reiter, I.; Montillet, J.-L.; Genty, B.; Laurière, C.; Nussaume, L. y Noël, L.D. "The Cytosolic/Nuclear HSC70 and HSP90 Molecular Chaperones Are Important for Stomatal Closure and Modulate Abscisic Acid-Dependent Physiological Responses in Arabidopsis", *Plant Physiology*, vol. 156, no. 3, 1 de julio de 2011, pp. 1481-1492, ISSN 0032-0889, 1532-2548, DOI 10.1104/pp.111.174425, [PMID: 21586649].
3. Bergmann, D.C. y Sack, F.D. "Stomatal Development", *Annual Review of Plant Biology*, vol. 58, no. 1, 2007, pp. 163-181, ISSN 1543-5008, DOI 10.1146/annurev.arplant.58.032806.104023, [PMID: 17201685].
4. Casson, S.A. y Hetherington, A.M. "Environmental regulation of stomatal development", *Current Opinion in Plant Biology*, vol. 13, no. 1, febrero de 2010, pp. 90-95, ISSN 1369-5266, DOI 10.1016/j.pbi.2009.08.005.
5. Ogaya, R.; Llorens, L. y Peñuelas, J. "Density and length of stomatal and epidermal cells in «living fossil» trees grown under elevated CO₂ and a polar light regime", *Acta Oecologica*, vol. 37, no. 4, julio de 2011, pp. 381-385, ISSN 1146-609X, DOI 10.1016/j.actao.2011.04.010.

6. Mott, K.A. "Opinion: Stomatal responses to light and CO₂ depend on the mesophyll", *Plant, Cell & Environment*, vol. 32, no. 11, 1 de noviembre de 2009, pp. 1479-1486, ISSN 1365-3040, DOI 10.1111/j.1365-3040.2009.02022.x.
7. Zhou, Y.; Jiang, X.; Schaub, M.; Wang, X.; Han, J.; Han, S. y Li, M.-H. "Ten-year exposure to elevated CO₂ increases stomatal number of *Pinus koraiensis* and *P. sylvestris* needles", *European Journal of Forest Research*, vol. 132, no. 5-6, 18 de agosto de 2013, pp. 899-908, ISSN 1612-4669, 1612-4677, DOI 10.1007/s10342-013-0728-8.
8. Čaňová, I.; Ďurkovič, J.; Hladká, D. y Lukáčik, I. "Changes in stomatal characteristics and photochemical efficiency during leaf development in six species of *Sorbus*", *Photosynthetica*, vol. 50, no. 4, 21 de septiembre de 2012, pp. 635-640, ISSN 0300-3604, 1573-9058, DOI 10.1007/s11099-012-0063-1.
9. Lake, J.A. y Woodward, F.I. "Response of stomatal numbers to CO₂ and humidity: control by transpiration rate and abscisic acid", *New Phytologist*, vol. 179, no. 2, 1 de julio de 2008, pp. 397-404, ISSN 1469-8137, DOI 10.1111/j.1469-8137.2008.02485.x.
10. Xu, Z. y Zhou, G. "Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass", *Journal of Experimental Botany*, vol. 59, no. 12, 1 de septiembre de 2008, pp. 3317-3325, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jxb/ern185, [PMID: 18648104].
11. Zhao, X.; Dai, X.; Wang, G.; Shen, Z.; Zhang, H. y Qiu, M. "Developmental mechanism and distribution pattern of stomatal clusters in *Cinnamomum camphora*", *Russian Journal of Plant Physiology*, vol. 53, no. 3, 1 de mayo de 2006, pp. 310-315, ISSN 1021-4437, 1608-3407, DOI 10.1134/S1021443706030046.
12. Bergmann, D.C.; Lukowitz, W. y Somerville, C.R. "Stomatal Development and Pattern Controlled by a MAPKK Kinase", *Science*, vol. 304, no. 5676, 6 de abril de 2004, pp. 1494-1497, ISSN 0036-8075, 1095-9203, DOI 10.1126/science.1096014, [PMID: 15178800].
13. Salas, J.A.; Sanabria, M.E. y Pire, R. "Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos", *Bioagro*, vol. 13, no. 3, 2001, pp. 99-104.
14. Peterson, K.M.; Rychel, A.L. y Torii, K.U. "Out of the Mouths of Plants: The Molecular Basis of the Evolution and Diversity of Stomatal Development", *The Plant Cell*, vol. 22, no. 2, 1 de febrero de 2010, pp. 296-306, ISSN 1040-4651, 1532-298X, DOI 10.1105/tpc.109.072777, [PMID: 20179138].
15. Pillitteri, L.J. y Torii, K.U. "Mechanisms of Stomatal Development", *Annual Review of Plant Biology*, vol. 63, no. 1, 2012, pp. 591-614, ISSN 1543-5008, 1545-2123, DOI 10.1146/annurev-arplant-042811-105451, [PMID: 22404473].
16. Salvatori, E.; Fusaro, L.; Mereu, S.; Bernardini, A.; Puppi, G. y Manes, F. "Different O₃ response of sensitive and resistant snap bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.): The key role of growth stage, stomatal conductance, and PSI activity", *Environmental and Experimental Botany*, vol. 87, marzo de 2013, pp. 79-91, ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j.envexpbot.2012.09.008.
17. Vodnik, D.; Hladnik, J.; Vrešak, M. y Eler, K. "Interspecific variability of plant stomatal response to step changes of [CO₂]", *Environmental and Experimental Botany*, vol. 88, abril de 2013, (ser. Plant Functioning in a Changing Global and Polluted Environment), pp. 107-112, ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j.envexpbot.2011.12.029.
18. Pereira, E.G.; Oliva, M.A.; Rosado-Souza, L.; Mendes, G.C.; Colares, D.S.; Stopato, C.H. y Almeida, A.M. "Iron excess affects rice photosynthesis through stomatal and non-stomatal limitations", *Plant Science*, vol. 201-202, marzo de 2013, pp. 81-92, ISSN 0168-9452, DOI 10.1016/j.plantsci.2012.12.003.
19. O'Carrigan, A.; Hinde, E.; Lu, N.; Xu, X.-Q.; Duan, H.; Huang, G.; Mak, M.; Bellotti, B. y Chen, Z.-H. "Effects of light irradiance on stomatal regulation and growth of tomato", *Environmental and Experimental Botany*, vol. 98, febrero de 2014, pp. 65-73, ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j.envexpbot.2013.10.007.
20. Yang, X.; Yang, Y.; Ji, C.; Feng, T.; Shi, Y.; Lin, L.; Ma, J. y He, J.-S. "Large-scale patterns of stomatal traits in Tibetan and Mongolian grassland species", *Basic and Applied Ecology*, vol. 15, no. 2, marzo de 2014, pp. 122-132, ISSN 1439-1791, DOI 10.1016/j.baae.2014.01.003.
21. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, p. 93, ISBN 978-959-7023-77-7.
22. Gutiérrez Cajiao, A.E.; Nápoles García, M. y Corbera Gorotiza, J. *Medio de cultivo para *Bradyrhizobium japonicum**, Cuba, no. CU 22797 A1, no. solc. C12N 1/20, C12N 1/38, 19 de diciembre de 2002.
23. Castellano G, G.; Squella N, F.; R, U.; Tamara.; León C, F. y Raggi S, A. "Algunas Técnicas Microhistológicas Utilizadas en la Determinación de la Composición Botánica de Dietas de Herbívoros", *Agricultura Técnica*, vol. 67, no. 1, marzo de 2007, pp. 86-93, ISSN 0365-2807, DOI 10.4067/S0365-28072007000100011.
24. Shen, Z.; Wang, G.; Liu, Z.; Zhang, H.; Qiu, M.; Zhao, X. y Gan, Y. "Network regulation of calcium signal in stomatal development", *Acta Pharmacologica Sinica*, vol. 27, no. 7, julio de 2006, pp. 950-958, ISSN 1671-4083, DOI 10.1111/j.1745-7254.2006.00400.x.
25. Statistical Graphics Crop *STATGRAPHICS® Plus* [en línea], versión 5.1, [Windows], 2001 de 1994, (ser. Profesional), Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
26. Sánchez, M. y Aguirreola, J. "Relaciones hídricas" [en línea], en: Azcon, J. y Talón, M., *Fisiología y bioquímica vegetal*, edit. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 1993, pp. 49-90, ISBN 978-84-486-0033-4, [Consultado: 15 de julio de 2015], Disponible en: <https://books.google.es/books/about/Fisiolog%C3%ADa_y_bioqu%C3%ADmica_vegetal.html?hl=es&id=4b12AAAACAAJ>.
27. Bonfim, K.; Faria, J.C.; Nogueira, E.O.P.L.; Mendes, É.A. y Aragão, F.J.L. "RNAi-Mediated Resistance to Bean golden mosaic virus in Genetically Engineered Common Bean (*Phaseolus vulgaris*)", *Molecular Plant-Microbe Interactions*, vol. 20, no. 6, 30 de mayo de 2007, pp. 717-726, ISSN 0894-0282, DOI 10.1094/MPMI-20-6-0717.

28. Chen, C.; Xiao, Y.-G.; Li, X. y Ni, M. "Light-Regulated Stomatal Aperture in Arabidopsis", *Molecular Plant*, vol. 5, no. 3, mayo de 2012, pp. 566-572, ISSN 1674-2052, DOI 10.1093/mp/sss039.
29. Hachez, C.; Ohashi-Ito, K.; Dong, J. y Bergmann, D.C. "Differentiation of Arabidopsis Guard Cells: Analysis of the Networks Incorporating the Basic Helix-Loop-Helix Transcription Factor, FAMA", *Plant Physiology*, vol. 155, no. 3, 1 de marzo de 2011, pp. 1458-1472, ISSN 0032-0889, 1532-2548, DOI 10.1104/pp.110.167718, [PMID: 21245191].
30. Ripley, B.S.; Gilbert, M.E.; Ibrahim, D.G. y Osborne, C.P. "Drought constraints on C4 photosynthesis: stomatal and metabolic limitations in C3 and C4 subspecies of *Alloteropsis semialata*", *Journal of Experimental Botany*, vol. 58, no. 6, 1 de abril de 2007, pp. 1351-1363, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jxb/erl302, [PMID: 17322550].
31. Meng, F.; Peng, M.; Pang, H. y Huang, F. "Comparison of photosynthesis and leaf ultrastructure on two black locust (*Robinia pseudoacacia* L.)", *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 55, agosto de 2014, pp. 170-175, ISSN 0305-1978, DOI 10.1016/j.bse.2014.03.025.
32. Tanaka, Y.; Sugano, S.S.; Shimada, T. y Hara-Nishimura, I. "Enhancement of leaf photosynthetic capacity through increased stomatal density in Arabidopsis", *New Phytologist*, vol. 198, no. 3, 1 de mayo de 2013, pp. 757-764, ISSN 1469-8137, DOI 10.1111/nph.12186.
33. Ayala-Boza, P.J. "Efecto de biofertilizantes y Pectimorf en la producción de soya (*Glycine max* L.) en condiciones de secano", *Revista Granma Ciencia*, vol. 17, no. 2, 2013, ISSN 1027-795X, [Consultado: 4 de abril de 2015], Disponible en: <http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol%2017/2/2013_17_n2.a5.pdf>.
34. Bellincampi, D.; Dipierro, N.; Salvi, G.; Cervone, F. y Lorenzo, G.D. "Extracellular H₂O₂ Induced by Oligogalacturonides Is Not Involved in the Inhibition of the Auxin-Regulated rolB Gene Expression in Tobacco Leaf Explants", *Plant Physiology*, vol. 122, no. 4, 2000, pp. 1379-1386, ISSN 0032-0889, 1532-2548, DOI <http://dx.doi.org/10.1104/pp.122.4.1379>.
35. Vallarino, J.G. y Osorio, S. "Signaling role of oligogalacturonides derived during cell wall degradation", *Plant Signaling & Behavior*, vol. 7, no. 11, 1 de noviembre de 2012, pp. 1447-1449, ISSN null, DOI 10.4161/psb.21779.
36. Yin, X.; Wang, J.; Duan, Z.; Wen, J. y Wang, H. "Study on the stomatal density and daily change rule of the wheat", *Chinese Agricultural Science Bulletin*, vol. 22, 2006, pp. 237-242, ISSN 1000-6850.
37. Yan, F.; Sun, Y.; Song, F. y Liu, F. "Differential responses of stomatal morphology to partial root-zone drying and deficit irrigation in potato leaves under varied nitrogen rates", *Scientia Horticulturae*, vol. 145, 20 de septiembre de 2012, pp. 76-83, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2012.07.026.
38. Taylor, S.H.; Franks, P.J.; Hulme, S.P.; Spriggs, E.; Christin, P.A.; Edwards, E.J.; Woodward, F.I. y Osborne, C.P. "Photosynthetic pathway and ecological adaptation explain stomatal trait diversity amongst grasses", *New Phytologist*, vol. 193, no. 2, 1 de enero de 2012, pp. 387-396, ISSN 1469-8137, DOI 10.1111/j.1469-8137.2011.03935.x.
39. Savvides, A.; Fanourakis, D. y van Ieperen, W. "Co-ordination of hydraulic and stomatal conductances across light qualities in cucumber leaves", *Journal of Experimental Botany*, vol. 63, no. 3, 2 de enero de 2012, pp. 1135-1143, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jxb/err348, [PMID: 22121201].
40. Fanourakis, D.; Carvalho, S.M.P.; Almeida, D.P.F.; van Kooten, O.; van Doorn, W.G. y Heuvelink, E. "Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 64, no. 1, febrero de 2012, pp. 64-73, ISSN 0925-5214, DOI 10.1016/j.postharvbio.2011.09.016.
41. Lee, J.S.; Kuroha, T.; Hnilova, M.; Khatayevich, D.; Kanaoka, M.M.; McAbee, J.M.; Sarikaya, M.; Tamerler, C. y Torii, K.U. "Direct interaction of ligand-receptor pairs specifying stomatal patterning", *Genes & Development*, vol. 26, no. 2, 15 de enero de 2012, pp. 126-136, ISSN 1549-5477, DOI 10.1101/gad.179895.111, [PMID: 22241782PMCID: PMC3273837].
42. Franks, P.J.; W. Doheny-Adams, T.; Britton-Harper, Z.J. y Gray, J.E. "Increasing water-use efficiency directly through genetic manipulation of stomatal density", *New Phytologist*, vol. 207, no. 1, 1 de julio de 2015, pp. 188-195, ISSN 1469-8137, DOI 10.1111/nph.13347.

Recibido: 18 de septiembre de 2014

Aceptado: 7 de enero de 2015

¿Cómo citar?

Álvarez Bello, Idioleidy y Reynaldo Escobar, Inés M. Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 3, pp. 82-87. ISSN 1819-4087. [Consultado: ____]. Disponible en: <-----/>.