

NUTRICIÓN FOSFATADA EN PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PEPINO Y CHILE HABANERO

Fredy Nieves-González, Circe Aidín Aburto-González, Gelacio Alejo-Santiago, Cecilia Rocío Juárez-Rosete, Rubén Bugarín-Montoya, Porfirio Juárez-López y Esperanza Sánchez-Hernández

RESUMEN

Una adecuada nutrición durante la producción de plántulas favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo al momento de ser trasplantado. El fósforo es un nutrimento limitante del crecimiento de las plantas, ya que ayuda al desarrollo del sistema radical. Por la relevancia de este nutrimento, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de fósforo en solución nutritiva, en la producción de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L. 'Zapata') y chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq. 'Big Brother'). En una modificación de la solución nutritiva (SN) Steiner se ensayaron cuatro concentraciones de $H_2PO_4^-$ (1, 2, 3 y $4\text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$). Plántulas de pepino y chile habanero recibieron siete riegos con las SN, con intervalos de

dos días entre riego. Cuando las plántulas tuvieron en promedio 20 cm de altura se evaluó la producción de materia seca (g) por planta y la concentración de fósforo en hojas, tallos y raíces. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Con $4\text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ de $H_2PO_4^-$ en la SN se obtuvieron plántulas de pepino y chile con mayor concentración de fósforo en hojas, tallo y raíz. Sin embargo, en el caso de chile habanero, se observó que la mayor producción de materia seca y volumen de raíz se obtuvo con la SN con menor concentración de fósforo. Se recomienda el uso de $4\text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ de $H_2PO_4^-$ en la SN para darle la ventaja a las plántulas de llevar en su tejido altas concentraciones de fósforo.

Introducción

La producción de plántulas requiere de un manejo adecuado de la nutrición y el control de plagas y enfermedades. Estas acciones favorecen el crecimiento y desarrollo del cultivo (Preciado *et al.*, 2008) y aumentan la probabilidad de éxito al ser trasplantadas. El fósforo es esencial en la nutrición de las plantas superiores, debido principalmente a su participación como componente estructural de la membrana celular, así como su rol en la transferencia de energía (Fernández,

2007). Otra de las funciones importantes atribuidas al fósforo es su efecto en el desarrollo del sistema radical (Postma *et al.*, 2014). Sin embargo, debido a la capacidad de reacción del fósforo con los minerales presentes en el suelo, con frecuencia su disponibilidad es baja. En muchos agrosistemas en los que es necesaria la aplicación de P para asegurar la producción, la recuperación del P aplicado es muy baja debido a fenómenos de adsorción, precipitación o conversión a formas orgánicas (Shen *et al.*, 2011). Existe la necesidad de

producir plántulas vigorosas (Preciado *et al.*, 2008) que respondan a las condiciones críticas de campo. Se ha observado que las condiciones de crecimiento inicial son un factor clave en la producción de los cultivos (Ochoa *et al.*, 2012), e inclusive se menciona que la deficiencia de fósforo en las etapas iniciales disminuye significativamente el rendimiento, en comparación con una deficiencia en las etapas finales (Grant *et al.*, 2001). Además, las plántulas, al ser trasplantadas al sitio definitivo de producción, se someten a características fisi-

cas, químicas y biológicas diferentes a las que se encuentran, lo que representa un estrés para ellas y, por ello, las características del sistema de producción determinarán la supervivencia de la planta (Baysal y Tipirdamaz, 2010; Li *et al.*, 2015) y, por ende, el nivel de producción (Galindo *et al.*, 2014).

Al garantizar una concentración adecuada de nutrimentos en las plántulas (Guzmán-Antonio *et al.*, 2012), se favorece la adaptación al nuevo medio de crecimiento y desarrollo. Entre las adaptaciones que han desarrollado las plan-

PALABRAS CLAVE / Producción de Plántulas / Producción Sustentable / Soluciones Nutritivas /

Recibido: 17/10/2017. Modificado: 28/06/2018. Aceptado: 29/06/2018.

Fredy Nieves-González. Ingeniero Agrónomo y Maestro en Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), México. Estudiante de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), México.

Circe Aidín Aburto-González. Ingeniera Agrónoma y M.C. en Ciencias Biológico-Agropecuarias, UAN, México. Docente, UAN, México.

Gelacio Alejo-Santiago (Autor de correspondencia). Ingeniero

Agrónomo Fitotecnista, Universidad Autónoma Chapingo (UChapingo), México. Maestro y Doctor en Edafología, Colegio de Posgraduados (COLPOS), México. Profesor Investigador, UAN, México. Dirección: Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Km 9 carretera Tepic-Compostela. 63780, Xalisco, Nayarit. e-mail: gelacioalejo@hotmail.com

Cecilia Rocío Juárez-Rosete. Doctora en Ciencias, COLPOS, México. Profesora, UAN, México.

Rubén Bugarín-Montoya. Ingeniero Agrónomo, Uchapingo, México. Maestro en Ciencias, COLPOS, México. Doctor en Ciencias, Universidad de Colima, México. Profesor, UAN, México.

Porfirio Juárez-López. Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Maestro en Ciencias en Fisiología Vegetal, COLPOS, México. Doctor en Ciencias en Horticultura, UChapingo, México. Profesor Investigador, Universidad Autó-

noma del Estado de Morelos, México.

Esperanza Sánchez Hernández. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, México. Maestro en Ciencias Agroalimentarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Estudiante de Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias, UAN, México.

PHOSPHATED NUTRITION IN SEEDLING PRODUCTION OF CUCUMBER AND HABANERO PEPPER

Fredy Nieves-González, Circe Aidín Aburto-González, Gelacio Alejo-Santiago, Cecilia Rocío Juárez-Rosete, Rubén Bugarín-Montoya, Porfirio Juárez-López and Esperanza Sánchez-Hernández

SUMMARY

Adequate nutrition during seedling production favors the growth and development of the crop at the moment of being transplanted. Phosphorus is a macroelement limiting the growth of plants, which plays important roles in various physiological processes, in particular the development of the root system. Due to the importance of this nutrient, the objective of the study was to evaluate the effect of different concentrations of phosphorus in the nutrient solution, in the production of seedlings of cucumber (*Cucumis sativus* L. 'Zapata') and habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq. 'Big Brother'). In balanced Steiner nutrient solutions (NS), concentrations of 1, 2, 3 and 4 meq·l⁻¹ of phosphorus (H₂PO₄⁻) were evaluated. The cucumber and habanero pepper seedlings received seven irrigations with the different SNs, with intervals

of two days between irrigation. When seedlings reached an average height of 20cm, the dry matter production (g) per plant and the percentage concentration of phosphorus in leaves, stems and roots, were evaluated. The experimental design was completely random, with four treatments and five replications. It was concluded that, with 4 meq·l⁻¹ of H₂PO₄⁻ in the SN, cucumber and chile seedlings with higher phosphorus concentration in leaves, stem and root were obtained. However, in the case of habanero pepper, it was observed that the higher production of dry matter and root volume was obtained with the SN with lower phosphorus concentration. It is recommended that 4 meq·l⁻¹ H₂PO₄⁻ be used in the SN in order to give seedlings the advantage of a high phosphorus concentration in their tissues.

NUTRIÇÃO FOSFATADA EM PRODUÇÃO DE PLÂNTULAS DE PEPINO E PIMENTO HABANERO

Fredy Nieves-González, Circe Aidín Aburto-González, Gelacio Alejo-Santiago, Cecilia Rocío Juárez-Rosete, Rubén Bugarín-Montoya, Porfirio Juárez-López e Esperanza Sánchez-Hernández

RESUMO

Uma adequada nutrição durante a produção de plântulas favorece o crescimento e desenvolvimento do cultivo no momento de ser transplantado. O fósforo é um nutriente limitante do crescimento das plantas, já que ajuda no desenvolvimento do sistema radical. Pela relevância de este nutriente, o objetivo da investigação foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de fósforo em solução nutritiva, na produção de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L. 'Zapata') e pimento habanero (*Capsicum chinense* Jacq. 'Big Brother'). Em uma modificação da solução da nutritiva (SN) Steiner foram ensaiadas quatro concentrações de H₂PO₄⁻ (1, 2, 3 e 4 meq·l⁻¹). Plântulas de pepino e pimento habanero receberam sete irrigações com as SN, com intervalos de dois

dias entre irrigações. Quando as plântulas alcançaram uma média de 20cm de altura, foi avaliada a produção de matéria seca (g) por planta e a concentração de fósforo em folhas, caules e raízes. O desenho experimental foi completamente aleatório, com quatro tratamentos e cinco repetições. Com 4 meq·l⁻¹ de H₂PO₄⁻ na SN foram obtidas plântulas de pepino e pimento com maior concentração de fósforo em folhas, caule e raiz. No entanto, no caso do pimento habanero, se observou que a maior produção de matéria seca e volume de raiz foi obtido com a SN com menor concentração de fósforo. Recomenda-se o uso de 4 meq·l⁻¹ de H₂PO₄⁻ na SN para dar vantagem para as plântulas levarem em seu tecido altas concentrações de fósforo.

tas para sobrevivir en condiciones limitantes se encuentra la capacidad de sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de fósforo a través de la exudación de las raíces de ácido cítrico y ácido málico, los cuales solubilizan algunos compuestos fosfatados a base de hierro y aluminio (Neumann and Römheld, 2012). Sin embargo, no todas las plantas poseen tal capacidad. La capacidad del sistema radicular de exudar ácidos está relacionada directamente con la concentración interna de fósforo de la planta, más que por la condición de deficiencia en el me-

dio de crecimiento (Zhang *et al.*, 2010).

Por lo anterior, una propuesta sería producir plântulas con alta concentración de fósforo en su biomasa, lo que podría garantizar la disponibilidad del elemento en el cultivo (Liang *et al.*, 2015), mientras se adapta al sitio de trasplante. En este sentido, producir plântulas con mayor concentración de fósforo en sus tejidos en comparación con las concentraciones normales (0,2%) podría favorecer el éxito en el establecimiento definitivo del cultivo. Entre otras posibles prácticas de manejo que favorecen el establecimiento

de plântulas, Grant *et al.* (2001) mencionan el incremento de la concentración de fósforo en semilla, manejo de labranza de conservación, inclusión de micorrizas y otros agentes microbiológicos como *Penicillium bilaii* para incrementar la fitodisponibilidad del fósforo en el suelo, así como mejoramiento genético con plantas con mayor capacidad de absorción de ese elemento tanto de los suelos como de las fuentes fertilizantes. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de cuatro concentraciones (1, 2, 3 y 4 meq·l⁻¹) de fósforo en la

producción y concentración del elemento en plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L. Var. 'zapata') y chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq. 'Big Brother').

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, en el municipio de Xalisco, Nayarit, México. a 21°25'37.67" N y 104°53'27.57" O, con altitud de 975msnm y precipitación anual de 1232mm. Se emplearon semillas de pepino (*Cucumis sativus*

L. 'zapata') y chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq. 'Big Brother'). Los tratamientos consistieron en cuatro concentraciones de fósforo ($H_2PO_4^-$) con base en modificaciones a la solución nutritiva universal (Steiner, 1984) (Tabla I).

La siembra de pepino se realizó el 25/04/2015 y la de chile habanero el 06/07/2015. Para cada caso se estableció un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Las semillas se sembraron en vasos de poliestireno con 1 litro de capacidad rellenos de sustrato Sunshine®. La unidad experimental estuvo compuesta por cinco plántulas sembradas en el contenedor de 1 litro.

En las plántulas de pepino, la aplicación de los tratamientos inició el 5 de mayo. En las plántulas de chile habanero, la aplicación inició el 23 de julio. Para cada experimento la aplicación de solución nutritiva inició 15 días después de la siembra y se realizaron siete aplicaciones de tratamientos, cada dos días. La cantidad de solución nutritiva que se aplicó en cada riego fue de 500ml por contenedor.

Las variables evaluadas fueron peso fresco total, peso fresco de hoja, peso fresco de tallo, peso fresco de raíz, peso seco total, peso seco de hoja, peso seco de tallo y peso seco de raíz, % de fósforo en hoja, tallo y raíz.

La cuantificación de las variables se efectuó cuando las plántulas alcanzaron 20cm de altura (30-40 días después de la siembra). En ese momento, se extrajeron del contenedor, se lavaron con agua destilada y se eliminó el sustrato de las raíces.

Se separaron hojas, tallos y raíces y se mantuvieron a temperatura ambiente por 24h para que perdieran el exceso de humedad y luego se colocaron en bolsas de papel y se llevaron a una estufa de desecación a 60°C hasta que alcanzaron peso constante.

Una vez alcanzado el peso constante se cuantificó el peso de materia seca en cada órgano en una balanza analítica OHAUS®. En seguida se molieron con un molino eléctrico marca IKA® y se prepararon muestras a través de digestión ácida para determinar la concentración de fósforo en el tejido vegetal mediante el método amarillo de vanadato-molibdato (Alcántar y Sandoval, 1999).

Las mediciones de las variables fueron sometidas a test de normalidad y las que no presentaron distribución normal ($p < 0,20$) fueron transformadas. Luego se estandarizaron a Z y se les aplicó un análisis de varianza. Cuando hubo diferencia por efecto de los tratamientos, se les aplicó una prueba de medias (Tukey; 0,05) y, adicionalmente, una prueba de contrastes ortogonales con el fin de agrupar los tratamientos en tres dosis de fósforo (baja, media y alta) en la que los tratamientos se agruparon de la siguiente manera: la dosis baja se constituyó por el tratamiento 1; dosis media por los tratamientos 2 y 3; dosis alta por el tratamiento 4.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza indicó diferencias en el efecto de los tratamientos sobre las variables porcentaje de P en hojas de

pepino (%P Hp), porcentaje de P en tallos de pepino (%P Tp), porcentaje de P en raíces de pepino (%P Rp), peso seco de raíces de chile habanero (PS Rch) y porcentaje de P en hojas de chile habanero (%P Hch) (Tabla II).

La prueba de medias indicó que el tratamiento 4 presentó la mayor concentración de P en %P Hp, %P Tp, %P Rp. Los tratamientos 1 y 2 fueron iguales en PS Rch. En la variable %P Hch, los tratamientos 2, 3 y 4, fueron estadísticamente iguales (Tabla III).

La prueba de contrastes ortogonales indicó diferencias en

los grupos de medias de ocho variables. En la Tabla IV se observa que la dosis baja de fósforo, representada por el tratamiento 1 (T_1), fue diferente que la dosis media, representada por los tratamientos 2 y 3 (T_2 , T_3) y alta, representada por el tratamiento 4 (T_4). La dosis alta fue diferente a la dosis media en %P Hp, %P Tp, %P Rp, PS Hch. La dosis media, representada por los tratamientos 2 y 3, fue diferente en %P Hp, %P Rp, y PS Rch (Tabla IV).

El método de contrastes ortogonales permitió observar que la dosis baja fue diferente

TABLA II
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES
EVALUADAS EN PLÁNTULAS DE PEPINO
Y CHILE HABANERO

Variable	Pr > F	C.V.	Poder de la prueba ($\alpha = 0,05$)
PS Hp	0,72 ns	21,9	0,12
PS Tp	0,43 ns	25,6	0,22
PS Rp	0,69 ns	49,9	0,13
PS P	0,59 ns	21,9	0,16
% P Hp	0,001 **	0,76	0,99
% P Tp	0,001 **	0,86	0,99
% P Rp	0,000 **	0,82	0,99
PS Hch	0,13 ns	27,73	0,49
PS Tch	0,84 ns	10,85	0,10
PS Rch	0,001 **	33,04	0,99
PS CH	0,49 ns	18,98	0,26
%P Hch	0,01 *	7,90	0,86
%P Tch	0,29 ns	16,14	0,25
%P Rch	0,18 ns	18,81	0,35

** Diferencia estadística altamente significativa, * diferencia estadística significativa, ns: no significativo, PS Hp: peso seco en hojas de pepino, PS Tp: peso seco en tallos de pepino, PS Rp: peso seco en raíces de pepino, PS P: peso seco de pepino, %P Hp: porcentaje de fósforo en hojas de pepino, %P Tp: porcentaje de fósforo en tallos de pepino, %P Rp: porcentaje de fósforo en raíces de pepino, PS Hch: peso seco de hojas de chile habanero, PS Tch: peso seco de tallos de chile habanero, PS Rch: peso seco de raíces de chile habanero, PS CH: peso seco de chile habanero, %P Hch: porcentaje de fósforo en hojas de chile habanero, %P Tch: porcentaje de fósforo en tallos de chile habanero, %P Rch: porcentaje de fósforo en raíces de chile habanero.

TABLA III
PRUEBA DE MEDIAS EN VARIABLES DE
PLÁNTULAS DE PEPINO Y CHILE HABANERO

Tratamiento	%P Hp	%P Tp	%P Rp	PS Rch	%P Hch
1	0,75 d	0,75 c	0,76 d	0,86 a	0,35 b
2	0,79 c	0,77 b	0,84 c	0,77 a	0,43 ab
3	0,83 b	0,78 b	0,94 b	0,36 b	0,47 a
4	0,88 a	0,86 a	0,96 a	0,20 b	0,45 a

* Letras iguales entre columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey; $\alpha = 0,05$). %P Hp: porcentaje de fósforo en hojas de pepino, %P Tp: porcentaje de fósforo en tallos de pepino, %P Rp: porcentaje de fósforo en raíces de pepino, PS Rch: peso seco de raíces de chile habanero, %P Hch: porcentaje de fósforo en hojas de chile habanero.

TABLA I
BALANCE DE CATIONES Y ANIONES
EN LOS TRATAMIENTOS DE SOLUCIONES
NUTRITIVAS APLICADAS A LAS PLÁNTULAS
DE PEPINO Y CHILE HABANERO

Tratamiento	Concentración de iones (meq·l ⁻¹)					
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1	12	1	7	7	9	4
2	12	2	6	7	9	4
3	12	3	5	7	9	4
4	12	4	4	7	9	4

a las dosis media y alta en 8 de 13 variables evaluadas. De las variables mencionadas, el peso seco de raíces de chile habanero fue mayor en la dosis baja. La dosis alta de fósforo fue diferente a la dosis media en el porcentaje de fósforo en hojas de pepino (0,88% en dosis alta, 0,80% en dosis baja); porcentaje de fósforo en tallos de pepino (0,86% en dosis alta, 0,78% en dosis baja); porcentaje de fósforo en raíces de pepino (0,96% en dosis alta, 0,89% en dosis media) y peso seco de raíces de chile habanero. En esta variable se observó que la dosis alta de fósforo presentó un volumen menor, en relación con el peso de raíz (0,20g) que la dosis media (0,57g).

El tratamiento 4 (4meq·l⁻¹ H₂PO₄⁻) con mayor concentración de fósforo para el sistema radical de las plántulas, presentó las mayores concentraciones de fósforo en hojas, tallo y raíces en pepino (0,88; 0,85 y 0,96%, respectivamente). En hojas de chile habanero, esta concentración de fósforo fue estadísticamente igual a los tratamientos 2 y 3 (0,45; 0,43 y 0,47%). Nieves *et al.*, (2015) reportaron en hojas de chile habanero una concentración máxima de fósforo de 0,26% en su tratamiento de 2,0 meq·l⁻¹.

Peso seco de raíz

Se observó que el peso seco de raíces de chile habanero fue mayor en los tratamientos con concentraciones bajas de fósforo (0,85g en el tratamiento 1, y

0,77g en el tratamiento 2; Tabla III). Esto indica que el desarrollo radical del chile habanero no se favoreció por efecto de presencia de fósforo; por el contrario, se redujo significativamente el peso de raíz a partir de la concentración de 3meq·l⁻¹ de H₂PO₄⁻. En las plántulas de pepino no hubo efecto significativo en peso de raíz por la concentración de H₂PO₄⁻ en la solución nutritiva. Esto concuerda con lo que mencionan Pearse y Veneklaas (2006), quienes indican que la capacidad de absorción de fósforo es un factor controlado genéticamente, debido a que con mayor suministro de fósforo, algunas especies como el chícharo (*Pisum sativum* L.) incrementan la masa radical, mientras que, en otras como el trigo (*Triticum aestivum* L.) y el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) disminuye, y algunas otras como la haba (*Vicia faba* L.), no responden a la aplicación de fósforo. Observaron, además, que hay diferencias hasta en plantas de la misma especie. Esto se aprecia también en el método de contrastes ortogonales, el cual indica que la dosis baja reflejó un efecto mayor en el peso seco de raíces de chile habanero que las dosis media y alta (0,85g en dosis baja, 0,44g en dosis media y alta).

Fósforo en hoja

El porcentaje de fósforo en hojas de chile habanero y de pepino fue estadísticamente mayor en los tratamientos 3 y 4 en comparación con el tratamiento 1 (0,75% en hojas de

pepino y 0,35% en hojas de chile habanero). Con la aplicación de soluciones nutritivas con una concentración entre 3 y 4 meq·l⁻¹ de H₂PO₄⁻ se puede obtener plántulas con una concentración de P en hoja superior a la que se obtiene con la solución Steiner, lo que puede favorecer el crecimiento y desarrollo del cultivo en campo, pues se ha demostrado que la concentración de P desde la semilla tiene una correlación de 0,98 en la producción de materia seca en los cultivos (Wang *et al.*, 2017). En la producción agrícola es importante la disponibilidad de fósforo en la etapa temprana de las plantas, ya que se ha encontrado que el efecto negativo que ocasiona el déficit de ese elemento en esta etapa reduce significativamente el rendimiento en comparación con una deficiencia que se presenta en etapas finales (Grant *et al.*, 2001).

Fósforo en tallo

La concentración de fósforo en tallo está fuertemente influenciada por el aporte externo. Este tejido actúa como un reservorio cuando hay exceso de este nutrimento (Parks *et al.*, 2000). Este efecto se observa claramente en el caso de tallo de pepino, en donde a mayor concentración de H₂PO₄⁻ se tuvo una mayor concentración de P en tallo; sin embargo, para chile habanero no hubo diferencias estadísticas. Lo anterior puede atribuirse a características genéticas, que implican desde la capacidad de

exudación de ácidos orgánicos para acidificar la rizosfera (Zhang *et al.*, 2010), hasta la capacidad de acumular y trasladar el nutrimento a nuevos brotes y hojas (Naureen *et al.*, 2018).

Conclusiones

La concentración de 4meq·l⁻¹ de H₂PO₄⁻ en solución nutritiva permitió incrementar la concentración de fósforo en los órganos de las especies estudiadas, por lo que se puede utilizar en la producción de plántulas a fin de garantizar el abastecimiento de este nutrimento al momento del trasplante. Se observó que el peso seco de raíz de chile habanero fue mayor cuando se suministró una menor concentración de fósforo. Las plantas de pepino y chile habanero que se sometieron a la dosis baja de fósforo podrían estar en desventaja al momento de ser trasplantadas al no contar con reserva de fósforo en sus tejidos.

REFERENCIAS

- Alcántar GG, Sandoval VM (1999) *Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Guía de Muestreo, Preparación, Análisis e Interpretación*. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 155 pp.
- Baysal FG, Tipirdamaz R (2010) Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity. *Turk. J. Biol.* 34: 287-296.
- Fernández MT (2007) Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA* 41(2): 51-57.
- Galindo PFV, Fortis HM, Preciado RP, Trejo VR, Segura CMÁ, Orozco VJA (2014) Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Rev. Mex. Cs. Agric.* 5: 1219-1232.
- Grant CA, Flaten DN, Tomasiewicz DJ, Sheppard SC (2001) The importance of early season phosphorus nutrition. *Can. J. Plant Sci.* 81: 211-224.
- Guzmán-Antonio A, Borges-Gómez L, Pinzón-López L, Ruiz-Sánchez E, Zúñiga-Aguilar J. (2012) Efecto del ácido salicílico y la

TABLA IV
VALORES DE p DEL MÉTODO CONTRASTES ORTOGONALES (α=0,05)
EN VARIABLES DE PLÁNTULAS DE PEPINO Y CHILE HABANERO

Contraste	%P Hp	%P Tp	%P Rp	PS Hch	PS Rch	%P Hch	% P Tch	% P Rch
$T_1 = \frac{T_2 + T_3 + T_4}{3}$	0,000	0,000	0,000	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000
$T_4 = \frac{T_2 + T_3}{2}$	0,000	0,000	0,000	0,242	0,000	0,948	0,093	0,452
$T_2 = T_3$	0,000	0,061	0,000	0,696	0,000	0,251	0,404	0,968

T_i: tratamiento, %P Hp: porcentaje de fósforo en hojas de pepino, %P Tp: porcentaje de fósforo en tallo de pepino, %P Rp: porcentaje de fósforo en raíces de pepino, PS Hch: peso seco de hojas de chile habanero, PS Rch: peso seco de raíces de chile habanero, %P Hch: porcentaje de fósforo en hojas de chile habanero, %P Tch: porcentaje de fósforo en tallos de chile habanero, %P Rch: porcentaje de fósforo en raíces de chile habanero.

- nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agron. Mesoamer.* 32: 247-257.
- Li Y, Tian X, Wei M, Shi Q, Yang F, Wang X. (2015) Mechanisms of tolerance differences in cucumber seedlings grafted on rootstocks with different tolerance to low temperature and weak light stresses. *Turk. J. Bot.* 39: 606-614.
- Liang LZ, Qi HJ, Xu P, Zhao XQ, Dong XY, Shen RF (2015) High phosphorus at seedling stage decreases the post-transplanting fertiliser requirement of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Sci. Hort.* 190: 98-103.
- Naureen Z, Sham A, Al Ashram H, Ginali SA, Al Gheilani S, Maabood F, Hussain J, Al Harrasi A, AbuQamar SF (2018) Effect of phosphate nutrition on growth, physiology and phosphate transporter expression of cucumber seedlings. *Plant Physiol. Biochem.* 127: 211-222.
- Neumann G, Römheld V (2012) Rhizosphere chemistry in relation to plant nutrition. En Marschner H (Ed.) *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3^a ed. Elsevier. Londres, RU. pp. 347-368.
- Nieves-González F, Alejo-Santiago G, Luna-Esquivel G, Lemus-Flores C, Juárez-López P, Salcedo-Pérez E (2015) Extracción y requerimiento de fósforo en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) 'big brother'. *Interciencia* 40: 282-286.
- Ochoa AGF, Martínez BE, Ramírez PR, Correa LG (2012) Crecimiento y desarrollo de la lima ácida (*Citrus latifolia* Tanaka), cv. Tahití, en suelos con limitaciones por profundidad efectiva, en un bosque seco tropical. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 65(2): 6567-6578.
- Parks SE, Haigh AM, Cresswell GC (2000) Stem tissue phosphorus as an index of the phosphorus status of *Banksia ericifolia* L.f. *Plant Soil* 227: 59-65.
- Pearse SJ, Veneklaas EJ (2006) Carboxylate release of wheat, canola and 11 grain legume species as affected by phosphorus status. *Plant Soil* 288: 127-139.
- Postma JA, Dathe A, Lynch JP (2014) The optimal lateral root branching density for maize depends on nitrogen and phosphorus availability. *Plant Physiol.* 166: 590-602.
- Preciado RP, Lara-Herrera A, Segura CMA, Rueda PEO, Orozco VJA, Yesca CP, Montemayor TJA (2008) Amonio y fosfato en el crecimiento de plántulas de chile jalapeño. *Terra Latinoamer.* 26: 37-42.
- Shen J, Yuan L, Zhang J, Li H, Bai Z, Chen X, Zhang W, Zhang F (2011) Phosphorus dynamics: From soil to plant. *Plant Physiol.* 156: 997-1005.
- Steiner AA (1984) The universal nutrient solution. *Proc. 6th Int. Congr. Soiless Culture*. Wageningen, Holanda. pp. 633-650.
- Wang K, Cui K, Liu G, Luo X, Huang J, Nie L, Wei D, Peng S (2017) Low straw phosphorus concentration is beneficial for high phosphorus use efficiency for grain production in rice recombinant inbred lines. *Field Crops Res.* 203: 65-73.
- Zhang F, Shen J, Zhang J, Zuo Y, Li L, Chen X (2010) Rhizosphere processes and management for improving nutrient use efficiency and crop productivity: implications for China. *Adv. Agron.* 107: 1-32.