

Sustancias nutritivas en plántulas de pepino (*cucumis sativus* L.) en el norte de Sinaloa

Nutritive substances in cucumber seedlings (*cucumis sativus* L.) in northern Sinaloa

Buelna Tarín Salomón¹, Romero Félix Celia Selene¹, Bojórquez Ramos Cosme², Lugo García Gabriel Antonio¹, Sánchez Soto Bardo Heleodoro²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. Calle 16 y Avenida Japaraqui sn. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. CP. 81110. ²Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de Biología, Blvd. Macario Gaxiola y Carretera internacional, México 15. CP. 81223 Los Mochis, Sinaloa.

NOTAS SOBRE LOS AUTORES

Buelna Tarín Salomón: buelnatarin@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-7239-7594>

Romero Félix Celia Selene: celiaromero82@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-8336-447X>

Lugo García Gabriel Antonio: gabriel_lugo9010@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-2756-8224>

Bojórquez Ramos Cosme: cosme.bojorquez@uadeo.mx  <https://orcid.org/0000-0001-8641-7250>

Sánchez Soto Bardo Heleodoro: heleodoro.sanchez@uadeo.mx  <https://orcid.org/0000-0003-4398-6482>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación.

Remita cualquier duda sobre este artículo a Buelna Tarín Salomón.

RESUMEN

Se investigó el efecto de sustancias nutritivas en el crecimiento de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones bajo invernadero. Bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial se evaluó la solución nutritiva Steiner (NPK), solución NPK 40-200-370 (ppm), solución NPK 250-50-250 (ppm), MaxiRoot (5 mL.L⁻¹) y ENRAIZA Plus (10 mL.L⁻¹) en plántulas de pepino Paraíso, Alcázar y Primavera (Enza Zaden). Las variables fueron longitud de raíz (LR, cm), longitud de tallo (LT, cm), peso seco de raíz (PSR, mg), peso seco de tallo (PST, mg), y peso seco de hoja (PSH, mg). Los análisis de varianza de una vía o Kruskal-Wallis se emplearon, según el cumplimiento o no de normalidad de los datos, para demostrar las diferencias estadísticas entre tratamientos y la separación de medias fue con Tukey o Wilcoxon ($p < 0.05$), respectivamente, con

el programa SAS. Las plántulas con las mejores características se consiguieron con solución Steiner (NPK), ya que aportó la mayor longitud de raíz (10.94 cm), PSR (95.0 mg), PSH (221.4 mg) y LT (13.13 cm). Primavera exhibió las plántulas de mayor calidad con 9.26 cm de LR, 11.56 cm de LT, 79.4 mg de PSR, 103.2 mg de PST y 255.0 mg de PSH. La solución Steiner (NPK) seguido por NPK 250-50-250 (ppm), estimularon el crecimiento proporcional entre raíz, tallo y hoja, debido a su balance nutrimental entre NPK, por lo que se recomienda su aplicación durante la producción de plántulas de pepino en invernadero.

Palabras clave: Enraizadores, nutrientes, trasplantes, solución nutritiva Steiner, 250-50-250.

ABSTRACT

The effect of nutritive substances on the growth of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under greenhouse conditions was investigated. Under a completely randomized design (DCA) with a factorial arrangement, the Steiner nutrient solution (NPK), NPK nutrient solution 40-200-370 (ppm), NPK nutrient solution 250-50-250 (ppm), MaxiRoot (5 ml.L⁻¹) and ENRAIZA Plus (10 ml.L⁻¹) were evaluated in cucumber seedlings of Paraíso, Alcázar and Primavera cultivars (Enza Zaden). The variables were root length (LR, cm), stem length (LT, cm), root dry weight (PSR, mg), stem dry weight (PST, mg) and leaf dry weight (PSH, mg). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) of one way or Kruskal -Wallis analysis, according to the compliance or not of normality of the information, to demonstrate the statistical differences between treatments and the separation of means was realized with Tukey o Wilcoxon ($p < 0.05$), respectively, with SAS statistical program. The best quality seedlings were obtained with Steiner nutrient solution (NPK), considering that reached the largest root length (10.94 cm), with a PSR (95.0 mg), PSH (221.4 mg) and LT (13.13 cm). Primavera exhibited the best quality seedlings with 9.26 cm of LR, 11.56 cm of LT, 79.4 mg of PSR, 103.2 mg of PST and 255.0 mg of PSH. The Steiner nutrient solution (NPK) followed by nutrient solution NPK 250-50-250 (ppm), encouraged the proportional growth among root, stem and leaf, because of their nutrient balance between NPK, thus, is advisable the applying of these root promoters during seedling production under greenhouse.

Keywords: Root promoters, nutrients, transplants, Steiner nutrient solution, 250-50-250.

INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es originario de la India, fue domesticado en Asia y después introducido en Europa y América (Villanueva, 2018). Pertenece a la familia de las cucurbitáceas (Chacón-Padilla y Monje-Pérez, 2020). Las variedades más importantes del pepino son: americano, europeo, el holandés y el pepino oriental (Wehner y Maynard, 2003). Es una de las hortalizas con más demanda y consumo en el mundo, con una producción aproximada de 85 millones de toneladas (Barraza-Álvarez, 2015; FAO, 2018), con alto valor nutritivo y una composición alta concentración de minerales y vitaminas (Montaño-Mata., 2018). La nutrición es uno de los factores que afecta el crecimiento de las plántulas de pepino; por lo tanto, es

indispensable la utilización de soluciones nutritivas y bioestimulantes en esta etapa para obtener un mejor rendimiento (Cabanzo-Atilano *et al.*, 2020; Lazcano-Bello *et al.*, 2021). Debido a su importancia, es necesario producir plántulas de calidad que posean los atributos necesarios para su adaptación en campo al ser trasplantadas; características como la altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, concentración de nutrientes (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2013; Souri y Sooraki, 2019), número de hojas y área foliar (Vidigal *et al.*, 2011). Para obtener plántulas de calidad es de vital importancia la aplicación de una nutrición ideal en composición y concentración (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2013; Jiménez-Morales *et al.*, 2014; Lazcano-Bello *et al.*, 2021), debido a que los nutrientes desempeñan funciones importantes para el crecimiento y calidad de las plántulas (Marschner 2012; Santos *et al.*, 2014). Mediante la modificación de las concentraciones de nutrientes, es posible obtener una mayor calidad de plántulas (Souri *et al.*, 2018). Se ha descubierto que al aplicar dosis adecuadas de nutrientes, se obtienen plántulas vigorosas aptas para trasplante; Nieves-González *et al.* (2018) observaron mayor peso de hoja, raíz y tallo en plántulas de pepino al utilizar 4 meq. L⁻¹ de H₂PO₄⁻; sin embargo, en plántulas de chile habanero con menores dosis de fósforo se obtiene mayor producción de materia seca y volumen de raíz. Por otra parte, Arévalo-Madrigal *et al.* (2019) evaluaron el desarrollo de plántulas de tomate indeterminado bajo condiciones protegidas, aplicando cuatro enraizadores, con diferentes concentraciones de algunos reguladores del crecimiento y contenido de fósforo, logrando valores altos en altura de planta, diámetro de tallo, peso del cepellón y crecimiento semanal de la planta. Con el objetivo de obtener plántulas de pepino de calidad, se realizó este trabajo donde se evaluó el efecto de la nutrición foliar con nutrientes y bioestimulantes en plántulas de pepino en condiciones bajo invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero tipo túnel, con estructura metálica y cubierta de polietileno (75% de transmisión de luz), ubicado en la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte (FAVF), Ahome, Sinaloa, México (108° 49' 23" longitud Oeste y 25° 45' 57" latitud Norte y 10 msnm. Los tratamientos aplicados fueron cuatro: 1) solución nutritiva Steiner (NPK al 100% de concentración), 2) solución nutritiva NPK 40-200-370 (ppm), 3) solución nutritiva NPK 250-50-250 (ppm), 4) MaxiRoot y 5) ENRAIZA Plus. Se evaluó longitud de raíz (LR, cm), longitud de tallo (LT, cm), peso seco de raíz (PSR, mg), peso seco de tallo (PST, mg), y peso seco de hoja (PSH, mg). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial para incluir la interacción cultivar*enraizador y 5 repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con el programa SAS versión 9.2 para Windows (SAS Institute, 2009).

MATERIAL VEGETAL Y TRATAMIENTOS. Se utilizaron semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de los cultivares Paraíso, Alcázar y Primavera de la marca comercial Enza Zaden. Se probaron seis tratamientos en total, de los cuales dos son productos enraizadores comerciales: T1 (solución Steiner NPK al 100%), T2 (NPK 40-200-370 en ppm), T3 (NPK 250-50-250 en ppm), T4

(MaxiRoot) y T5 (ENRAIZA-Plus). La dosis utilizada fue de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El contenido nutrimental de cada tratamiento ya diluido para su aplicación fue el siguiente:

Solución nutritiva Steiner NPK (Steiner, 1984), con una composición de: 167, 30.9 y 276 ppm de N, P y K.

Solución nutritiva 40-200-370, con una composición de: 40-200-370 ppm de N, P y K.

Solución nutritiva 250-50-250, con una composición de: 250-50-250 ppm de N, P, y K.

MaxiRoot (5 ml L⁻¹), con una composición de: 2.65 ppm de auxinas, 0.22 ppm de citocininas, 2.5 ppm de vitaminas y 75 ppm de P₂O₅.

ENRAIZA-Plus (10 ml L⁻¹), con una composición de: 5 g L⁻¹ de ácidos húmicos, 30 ppm de ácido naftalenacético y 30 ppm de ácido indol-3-butírico.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y MANEJO DEL EXPERIMENTO. Se implementó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones (dos plantas por repetición) para cada cultivar y con arreglo factorial para incluir la interacción cultivar*enraizador. Se utilizaron charolas de poliestireno de 128 cavidades, con volumen de 46 mL y 6.5 cm de profundidad en cada cavidad. Como sustrato se utilizó la turba de sphagnum canadiense (PRO-MIX GTX®). Se sembró una semilla por cavidad, posteriormente las semillas se cubrieron con una ligera capa de vermiculita para conservar la humedad del sustrato. La aplicación de los tratamientos se hizo de manera manual en el agua de riego sobre la base del tallo, la primera aplicación se realizó a los 7 días después de siembra (dds), la segunda a los 14 dds y la tercera a los 21 dds.

VARIABLES DE RESPUESTA. A los 25 días después de la siembra se realizó una cosecha destructiva de 10 plántulas por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: longitud de raíz (LR, cm), longitud de tallo (LT, cm), peso seco de raíz (PSR, mg), peso seco de tallo (PST, mg) y peso seco de hoja (PSH, mg): se determinaron al secar las muestras en una secadora de madera con lámparas de calor, hasta obtener los pesos secos constantes, obtenidos con una balanza analítica (AND A&D Weighing, HR Orion, Medellín, Antioquia, Colombia); longitud de raíz: se evaluó midiendo la longitud total desde la región nodal hasta el ápice de la raíz más larga con una regla graduada; mientras que la longitud de tallo se midió con una regla graduada desde la base del tallo hasta el inicio del brote apical.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Los datos obtenidos se sometieron a pruebas de normalidad de Shapiro y Wilk (1965). Las variables que mostraron normalidad en sus datos, se sometieron al análisis de varianza de una vía; la separación de medias se realizó con la prueba de Rangos Studentizados de Tukey al 5%, mientras aquellas variables que no cumplieron el supuesto de normalidad, aun cuando fueron transformadas, se optó por el análisis Kruskal-Wallis y la comparación de Wilcoxon al 5%. Todos los análisis estadísticos se efectuaron con ayuda de SAS versión 9.2 para Windows (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La LR muestra diferencias significativas (ANOVA de una vía; $F = 72.60$; $p < 0.0001$) entre tratamientos, es decir, la solución nutritiva Steiner NPK estimula la mayor longitud con 10.94 cm, que difiere de manera significativa ($p < 0.05$) con el resto de los tratamientos.

Debido a que la solución Steiner NPK contiene una concentración media en nitrógeno (167 ppm), los resultados obtenidos en esta variable concuerdan con los reportados con plántulas de melón (cucurbitáceas), donde se obtuvieron raíces de menor longitud al incrementar la dosis de nitrógeno (Preciado-Rangel *et al.*, 2002). Las raíces generalmente responden al exceso de nutrientes o alta salinidad mediante el engrosamiento y desarrollo más lento, siendo un factor adverso para el desarrollo normal de las plántulas (Zobel, 1995; Yildirim y Guvenc, 2006), lo cual se demuestra en esta investigación de que los tratamientos con mayor concentración nutrimental tuvieron un menor desarrollo radicular. De tal forma es necesario hacer una correcta aplicación de los nutrimentos desde las primeras etapas de desarrollo del cultivo porque ayuda al enraizamiento y al vigor de las plántulas (Marschner, 2012; Lazcano-Bello *et al.*, 2021). Por otra parte, en contradicción a los resultados obtenidos en cuanto a la variable LR, en diversos estudios con especies olerícolas, el crecimiento de las raíces se estimula al incrementar los niveles de nutrimentos como el N, P y Ca (Leskovar y Stofella, 1995). La LT también presenta diferencias estadísticas significativas (ANOVA de una vía; $F = 35.24$; $p < 0.0001$) entre tratamientos; la nutrición con 250-50-250 promueve una longitud de 14.34 cm, la cual es diferente significativamente ($p < 0.05$) al resto de los enraizadores (Cuadro 1). De acuerdo a estos resultados, las plántulas con alturas de 15 a 20 cm son más apreciadas para el trasplante (Magdaleno-Villar *et al.*, 2006); así, el tratamiento 250-50-250 promovió una altura ideal, aunque debe reducirse el tiempo a trasplante en campo a causa del rápido crecimiento provocada por la alta concentración de nitrógeno. Similares resultados coinciden con los obtenidos en plántulas de melón (*Cucumis melo* L.) donde se alcanzaron tallos con mayor longitud al aplicar dosis de hasta 190 ppm de nitrógeno (Preciado-Rangel *et al.*, 2002); por el contrario, Naureen *et al.* (2018) afirman que altas concentraciones en las soluciones nutritivas reducen el crecimiento general de las plantas.

El PSR difiere significativamente (ANOVA de una vía; $F = 12.57$; $p < 0.0001$) entre fertilizaciones. La solución Steiner NPK aporta el mayor PSR con una media de 95.0 mg, la cual estadísticamente es distinta a los demás tratamientos, siendo ENRAIZA Plus (Tratamiento E) la que mostró el menor valor con 31.8 mg (Cuadro 1). Lo anterior puede atribuirse a que la solución Steiner presenta un balance adecuado de aniones y cationes que permite una absorción adecuada de todos los nutrientes por las plantas (Lara-Herrera, 2000). Nieves-González *et al.*, 2018, no encontraron diferencias significativas en el PSR en plántulas de pepino al utilizar diversas concentraciones de fósforo. Contrario a estos resultados, otra investigación realizada afirma que el PSR aumenta al elevar la concentración de la solución nutritiva, debido a la menor disponibilidad de agua y la raíz tiende a desarrollarse más (Ismail y Ahmad, 1997); lo cual no sucedió en este experimento ya que los tratamientos con mayores concentraciones nutrimentales (40-200-370 y

250-50-250) no superaron a la solución Steiner NPK en esta variable. En PST, el producto 250-50-250 es estadísticamente igual que 40-200-370 con promedios de 116.4 mg y 105.6 mg, respectivamente, pero difiere de los demás tratamientos (Cuadro 1). Lo cual se confirma con lo reportado por Jong-Go (2004), quien encontró que concentraciones elevadas de nutrimentos en la solución nutritiva provocan aumento de raíz, tallo y área foliar, y mayor contenido de proteínas en las hojas (Naureen *et al.*, 2018). La variable PSH también manifestó diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA de una vía; $F = 24.32$; $p < 0.0001$) donde los enraizadores D (MaxiRoot) y C (250-50-250) exhibieron los mejores resultados (270.6 ± 9.9 mg y 244.6 ± 15.6 mg, respectivamente), siendo estadísticamente iguales ($p > 0.05$); el PSH en MaxiRoot es estadísticamente diferente ($p < 0.05$) del resto de los tratamientos como se indica en el cuadro 1. Los resultados concuerdan con los reportados en plántulas de pepino donde hubo diferencias significativas en el peso seco de hoja al aplicar 172 ppm N, 39 ppm P y 180 ppm K (Moreno-Pérez *et al.*, 2011); al igual que la solución nutritiva Hoagland (N= 210 ppm; P= 31 ppm y K= 235 ppm) recomendada para plántulas de pepino (Li y Cheng, 2015) y comparado con el tratamiento MaxiRoot donde se utilizaron 5 mL.L^{-1} lo que equivale a 25 ppm en fósforo (P), además del contenido de auxinas, citocininas y vitaminas que contiene.

El resultado positivo de los tratamientos T1 (Steiner NPK), T2 (40-200-370) y T3 (250-50-250) fue posible debido a su contenido de macroelementos (N, P, y K), los cuales desempeñan un papel indispensable en la fisiología y calidad de las plántulas (Sánchez *et al.*, 2009; Marschner, 2012; Santos *et al.*, 2014). Adicionalmente, los tratamientos T4 (MaxiRoot) y T5 (ENRAIZA Plus) contienen auxinas, hormonas que estimulan y aceleran la formación de raíces de las plantas (Jordán y Casaretto, 2006; Acevedo-Alcalá *et al.*, 2020). Además, el T5 (ENRAIZA Plus) contiene ácidos húmicos, los cuales incrementan la actividad fisiológica de las plantas, provocando un mayor desarrollo radicular y, en consecuencia, facilitando una mayor absorción nutrimental (Reyes-Pérez *et al.*, 2022).

Futuras investigaciones se requieren realizar para evaluar el efecto de los productos hormonales junto con macroelementos, ya que en esta variable (PSH) MaxiRoot fue el que obtuvo los mejores resultados.

Los resultados adquiridos en la presente investigación pueden representar valores de referencia, ya que la información relacionada a los requerimientos nutrimentales para plántulas de pepino es escasa (Moreno-Pérez *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Longitud de raíz (LR), largo de tallo (LT), peso seco de raíz (PSR), peso seco de tallo (PST) y peso seco de hoja (PSH) de plántulas de pepino a los 25 dds de los cultivares Paraíso, Alcázar y Primavera por solución nutritiva.

Tratamiento	Variable morfológica				
	LR (cm)	LT (cm)	PSR (mg)	PST (mg)	PSH (mg)
Steiner NPK	10.94 a	13.13 b	95.0 a	94.8 cb	221.4 b
40-200-370	8.87 b	12.82 b	74.7 b	105.6 ab	226.0 b
250-50-250	9.21 b	14.34 a	71.4 b	116.4 a	244.6 ab
MaxiRoot	8.33 b	11.28 c	64.2 b	91.7 c	270.6 a
ENRAIZA Plus	4.81 c	11.48 c	31.8 c	95.6 cb	147.1 c

Cultivares. Se encontraron diferencias significativas (ANOVA de una vía; $F = 13.26$; $p < 0.0001$) entre los cultivares Paraíso, Alcázar y Primavera, siendo Primavera el que mostró raíces de mayor tamaño (9.26 cm) y resultó diferente estadísticamente ($p < 0.05$) a las longitudes de Alcázar y Paraíso. Asimismo, los tres cultivares muestran significancia (ANOVA de una vía; $F = 36.38$; $p < 0.0001$) en la longitud de tallo (LT), esto es, las plántulas de pepino Alcázar tienen la mayor media con 13.53 cm, mientras que en los otros cultivares la longitud fue menor como se indica en el cuadro 2.

Existen diferencias significativas (ANOVA de una vía; $F = 16.41$; $p < 0.0001$) en el PSR entre los tres cultivares; Primavera (79.4 mg) y Paraíso (69.5 mg), estadísticamente son iguales ($p > 0.05$) entre ellos, pero ambos difieren significativamente ($p < 0.05$) de Alcázar (Cuadro 6). En el PST no se muestran diferencias significativas (ANOVA de una vía; $F = 2.45$; $p > 0.05$) entre cultivares (Cuadro 2). La variable PSH entre cultivares si presenta diferencias significativas (ANOVA de una vía; $F = 15.67$; $p < 0.0001$), donde el cultivar Primavera registró el mayor valor (255.0 mg) comparado con Paraíso (204.5 mg) y Alcázar (206.3 mg) señalado en el cuadro 2.

Cuadro 2. Longitud de raíz (LR), largo de tallo (LT), peso seco de raíz (PSR), peso seco de tallo (PST) y peso seco de hoja (PSH) de plántulas de pepino a los 25 dds de las soluciones nutritivas por cultivar.

Cultivar	Variable morfológica				
	LR (cm)	LT (cm)	PSR (mg)	PST (mg)	PSH (mg)
Primavera	9.26 a	11.56 c	79.4 a	103.2 a	255.0 a
Alcázar	8.22 b	13.53 a	53.4 a	103.2 a	206.3 b

Paraíso	7.81 b	12.74 b	69.5 a	95.9 a	204.5 b
---------	--------	---------	--------	--------	---------

Los resultados de las interacciones entre los cultivares de pepino y promotores de enraizamiento revelan que no existen diferencias significativas (ANOVA de una vía; $F = 0.460$; $p > 0.05$) en la interacción cultivar*enraizador para la longitud de raíz (Figura 1).

La interacción cultivar*enraizador detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) para la LT ($F = 4.14$; $p = 0.0006$), PSR ($F = 2.80$; $p < 0.0106$), PST ($F = 5.05$; $p < 0.001$) y PSH ($F = 3.32$; $p < 0.0033$); en la LT, el tratamiento 250-50-250*cultivar Paraíso fue mayor, sin embargo, este fue similar al tratamiento 40-200-370 (Figura 2); el tratamiento 250-50-250*cultivar Alcázar, tratamiento 40-200-370 y solución Steiner NPK para el mismo cultivar presentaron valores más altos en LT que los tratamientos ENRAIZA Plus y MaxiRoot de dicho cultivar; en la interacción tratamiento*cultivar Primavera los tratamientos C y A mostraron los mejores resultados al resto de los tratamientos en el mismo cultivar; en la interacción tratamiento*cultivar para el PSR, se presentó mayor peso en el tratamiento solución nutritiva Steiner NPK*cultivar Paraíso, comparado con el resto de los tratamientos (Figura 2); mientras tanto, en la interacción tratamiento*cultivar Alcázar y tratamiento*cultivar Primavera los tratamientos B, A, C y D fueron similares, mostrando las medias más altas que la interacción tratamiento ENRAIZA Plus*cultivar Alcázar y tratamiento ENRAIZA Plus*cultivar Primavera (Figura 2).

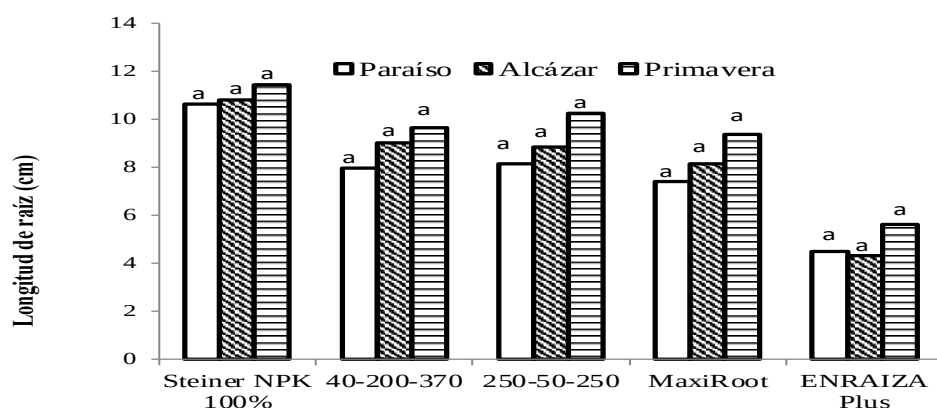


Figura 1. Longitud de raíz (cm) registrado por cultivar en cada solución nutritiva. No existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en la interacción enraizador*cultivar.

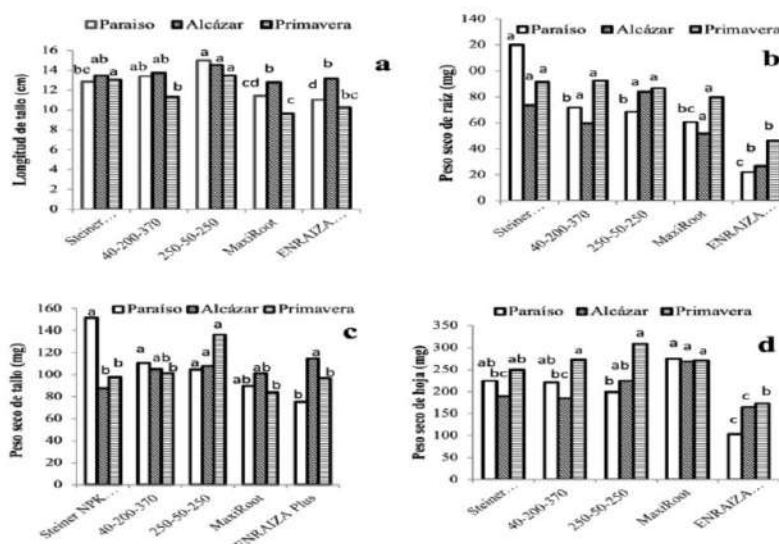


Figura 2. Variables con diferencia altamente significativa ($p < 0.05$). (a) Longitud de tallo (cm); (b) peso seco de raíz (mg); (c) peso seco de tallo (mg); (d) peso seco de hoja (mg) de plántulas de los cultivares de pepino tratadas con distintos productos enraizadores.

La variable PST en la interacción tratamiento*cultivar Paraíso, los tratamientos B, C, A y D fueron semejantes y presentaron las medias más altas a diferencia de ENRAIZA Plus que presentó la media de menor valor; en la interacción tratamiento*cultivar Alcázar, los tratamientos E, C, B, y D fueron similares y mostraron las medias más altas a diferencia de la solución nutritiva Steiner NPK que obtuvo la media más baja; para la interacción 250-50-250*cultivar Primavera, aportó el valor más alto y resultó diferente significativamente al resto de los tratamientos para el mismo cultivar. Finalmente en la interacción tratamiento*cultivar Paraíso para PSH, los tratamientos D, A y B mostraron los resultados más altos; mientras que en la interacción tratamiento*cultivar Alcázar, MaxiRoot y 250-50-250 fueron las medias más altas y resultaron con diferencias significativas con el resto de los tratamientos; en la interacción tratamiento*cultivar Primavera los tratamientos C, B, D y A fueron similares, mostrando las medias más altas que la interacción tratamiento ENRAIZA Plus*cultivar Primavera (Figura 2).

CONCLUSIONES

- La solución nutritiva Steiner NPK produce plántulas de pepino con raíces largas, mayor peso seco de raíz, tallos cortos y hojas de tamaño promedio, las cuales son consideradas de calidad para el trasplante, debido a que existe un equilibrio en los nutrimentos que estimulan la relación entre tamaño de raíz-hoja y tallo.
- Los productos 250-50-250 y 40-200-370, los cuales contienen la más elevada concentración en nitrógeno, fósforo y potasio, generan plántulas de raíces largas pero producen una mayor longitud de tallo, por lo cual la calidad de las plántulas es menor, lo que provocaría una menor

resistencia al ser trasplantadas en el campo. Por lo tanto, se recomienda modificar su concentración para lograr el equilibrio deseado de tamaño raíz-tallo-hoja.

- En PST los productos con macronutrientes (Solución Steiner NPK, 250-50-250 y 40-200-370) obtuvieron los mejores resultados y pueden ser empleados en la producción de plántula de pepino como una alternativa rentable.
- El cultivar Primavera presenta la mejor respuesta a las soluciones nutritivas, es decir, los trasplantes de este cultivar muestran una relación equilibrada entre el crecimiento de raíz-tallo-hoja.
- En el cultivar Paraíso la solución Steiner NPK mostró la mejor proporción de raíz, hoja y tallo; ya que proporcionó la mayor longitud de raíz, tamaño promedio de largo de tallo y buen peso seco de hoja.
- En la variable peso seco de hoja, el tratamiento MaxiRoot obtuvo los mejores valores en los tres cultivares de pepino, esto puede deberse a su contenido de auxinas, citocininas, vitaminas y fósforo.
- El cultivar alcázar mostró la mejor respuesta con el tratamiento Steiner NPK, ya que aportó el mayor tamaño de raíz, tamaño medio de tallo y peso de hoja.
- En el cultivar Primavera la solución Steiner NPK proporcionó la mayor longitud de raíz y una mejor relación con respecto a la longitud de tallo y peso seco de hoja.

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Alcalá, P., Cruz-Hernández, J. y Taboada-Gaytán, O. (2020). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43(1):35-44.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Araméndiz-Tatis, H., Cardona-Ayala, C. y Correa-Álvarez, E. (2013). Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*. 7 (1): 55-61.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i1.2035>
- Arévalo-Madrigal, M., Domínguez-Ávila, M., Escalante-González, JL, Yáñez-Coutiño, JB y Gallegos-Castro, ME (2019). Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de tomate indeterminado (*Solanum lycopersicum* (L.) Lam). *Agroproductividad* 12: 81-85.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1491>
- Barraza-Álvarez, FV (2015). Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 60-71.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3746>

- Cabanzo-Atilano, I., Rodríguez-Mendoza, MN, García-Cué, JL, Almaraz-Suárez, JJ y Gutiérrez-Castorena, MDC (2020). La biofertilización y nutrición en el desarrollo de plántulas de chile serrano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 699-712.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2121>
- Chacón-Padilla, K. y Monge-Pérez, JE (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(1), 17-35.
<https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>
- FAO. (2018) Anuario estadístico de la FAO. Organización de las Naciones Unidas. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Fecha de consulta: 3 de julio de 2019.
- Jiménez-Morales, VD, Trejo-Téllez, LI, Gómez-Merino, FC y Volke-Haller, VH (2014). Modelos de simulación del crecimiento de lechuga en respuesta a la fertilización orgánica y mineral. *Revista fitotecnia mexicana* 37: 249-254.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2014.3.249>
- Jong-Go, K. (2004). La concentración de la solución nutritiva afecta la proporción brote:raíz, la ración de área foliar y el crecimiento de salvia subirrigada (*Salvia splendens*). *HortScience*. 39: 49-54.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.1.49>
- Jordán, M. y Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. Squeo, F, A. y Cardemil, L.(eds.). *Fisiología Vegetal*. 1-28.
- Lara-Herrera, A. (2000). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Tierra Latinoamericana*. 17(3): 221-229.
- Lazcano-Bello, MI, Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, MA, Hernández-Hernández, BN, Ocampo-Fletes, I. y Díaz-Ruiz, R. (2021). Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(1), 61-76.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450>
- Leskovar, DI y PJ Stoffella. (1995). Sistemas radiculares de plántulas de hortalizas: morfología, desarrollo e importancia. *HortScience*. 30: 1153-1159.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.6.1153>
- Li, H. y Cheng, Z. (2015). La solución nutritiva de Hoagland promueve el crecimiento de plántulas de pepino bajo luz de diodo emisor de luz. *Acta Agriculturae Scandinavica, Sección B- Ciencias del suelo y las plantas*. 65(1): 74-82.
<https://doi.org/10.1080/09064710.2014.967285>
- Magdaleno-Villar, JJ, Peña-Lomelí, A., Castro-Brindis, R., Castillo-González, AM, Galvis-Spinola, A., Ramírez-Pérez, F. y Hernández-Hernández, B. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 223-229.

<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2005.11.050>

- Marschner, P. 2012. Nutrición mineral de plantas superiores. 3ra edición. Londres: Elsevier. 561p.
- Montaño-Mata, Nueva Jersey, Gil-Marín, JA y Palmares, Y. (2018). Rendimiento de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función del tipo de bandeja y la edad de trasplante de las plántulas. Anales Científicos. 79 (2), 377-385.
<https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1247>
- Moreno-Pérez, EDC, Sánchez-del Castillo, F., González-Molina, L., Pérez-Mercado, CA y Magaña-Lira, N. (2011). Efectos del volumen de sustrato y niveles de NPK en el crecimiento de plántulas de pepino. Tierra Latinoamericana. 29(1): 57-63.
- Naureen, Z., Sham, A., Al Ashram, H., Gilani, SA, Al Gheilani, S., Mabood, F. y AbuQamar, SF (2018). Efecto de la nutrición con fosfato sobre el crecimiento, la fisiología y la expresión del transportador de fosfato en plántulas de pepino. Fisiología y Bioquímica Vegetal. 127: 211-222.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.03.028>
- Nieves-González, F., Aburto-González, CA, Alejo-Santiago, G., Juárez-Rosete, CR, Bugarín-Montoya, R., Juárez-López, P. y Sánchez-Hernández, E. (2018). Nutrición fosfatada en producción de plántulas de pepino y chile habanero. Interciencia. 43 (7), 516-520.
- Preciado-Rangel, P., Baca-Castillo, GA, Tirado-Torres, JL, Kohashi-Shibata, J., Tijerina-Chávez, L. y A. Martínez-Garza, A. (2002). Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Tierra Latinoamericana. 20: 267-276.
- Reyes-Pérez, JJ, Rivero-Herrada, M., Llerena-Ramos, LT, Pincay-Ganchozo, RA, Hernández-Montiel, LG y Ruiz-Espinoza, FH (2022). Efectividad agrobiológica de quitosano, ácidos húmicos y hongos micorrízicos en dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tierra Latinoamericana. 40: 1-10.
<https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1078>
- Sánchez, E., Ávila-Quezada, G., Gardea, AA, Muñoz, E., Ruiz, JM y Romero, L. (2009). Metabolismo del nitrógeno en raíces y hojas de plantas de frijol verde expuestas a diferentes dosis de fósforo. Phytón, Revista Internacional de Botánica Experimental, 78: 11-16. doi: 10.32604/phyton.2009.78.011
<https://doi.org/10.32604/phyton.2009.78.011>
- Santos, NM de SS, Queiroz, MA Á., de Araújo, GGL, Costa, SAP, de Albuquerque, Í. RR, Moura, JHA y Manera, DB (2014). Salinidade na água de bebida de ovinos e uso dos dejetos em cultivo de plântulas de milho. Ciencia Rural. 44(3):531-537.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000300023>
- Instituto SAS Inc. (2009). Guía del usuario de SAS/STAT versión 9.2. Cary, Carolina del Norte, EE.UU. Instituto SAS. 7869 págs.

- Shapiro, SS y Wilk MB (1965). Una prueba de análisis de varianza para la normalidad (muestras completas). *Biometrika*. 52(3/4):591-611.
<https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Souri MK, Ahmadi, M. y Yaghoubi, F. (2018). Beneficios de la pulverización de fertilizantes orgánicos sobre la calidad del crecimiento de las plántulas de chile en condiciones de temperatura fresca. *Revista de horticultura aplicada* 20: 71-74.
<https://doi.org/10.37855/jah.2018.v20i01.13>
- Souri, MK y Sooraki, FY (2019). Los beneficios de la pulverización de fertilizantes orgánicos sobre la calidad del crecimiento de las plántulas de chile en temperaturas frescas. *Revista de nutrición vegetal*. 42(6):650-656.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1568461>
- Steiner AA (1984). La solución universal de nutrientes. En curso Sexto Congreso Internacional sobre Cultivo sin Suelo. Wageningen. Los países bajos. 633-650 págs.
- Vidigal, DS, Días, DCFS, Días, LAS, Finger, FL (2011). Cambios en la calidad de las semillas durante la maduración del fruto de pimiento dulce. *Ciencia Agrícola*. 68(5):535-539.
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000500004>
- Villanueva, DML (2018). Eficacia de biofungicidas frente a la caída de plántula de pepino, inducida por *Pythium aphanidermatum*. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*. 2(1), 72-78.
<https://doi.org/10.25127/aps.20181.387>
- Wehner, TC y DN Maynard. (2003). Pepinos, melones y otras cucurbitáceas. Volumen 1. Enciclopedia de comida y cultura. Nueva York (EEUU): Editorial Scribner.
- Yildirim, E. y Guvenc, I. (2006). Tolerancia a la sal de cultivares de pimiento durante la germinación y el crecimiento de las plántulas. *Revista turca de agricultura y silvicultura*. 30:347-353.
- Zobel, RW (1995). Aspectos genéticos y ambientales del estrés de raíces y plántulas. *HortScience*. 30(6):1189-1192.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.6.1189>

Copyright © 2023 Buelna Tarín Salomón, Romero Félix Celia Selene, Bojórquez Ramos Cosme, Lugo García Gabriel Antonio, Sánchez Soto Bardo Heleodoro.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)