





## Nota técnica / Technical note

### Crecimiento de cuatro tipos de *Capsicum* spp. en sustratos bajo ambiente protegido

Growth of four types of *Capsicum* spp. in substrates under a protected environment

Crescimento de quatro tipos de *Capsicum* spp. em substratos sob ambiente protegido

Francisco Higinio Ruiz-Espinoza<sup>1</sup>, Juan Carlos Rodríguez-Ortiz<sup>2</sup>, Félix Alfredo Beltrán-Morales<sup>1</sup> y Fernando de Jesús Carballo-Méndez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Agronomía. La Paz, Baja California Sur. México. Correos electrónicos: (FHR) [fruiz@uabcs.mx](mailto:fruiz@uabcs.mx) ; (FAB) [abeltran@uabcs.mx](mailto:abeltran@uabcs.mx) ; (FJC) [ing.fercarballo@gmail.com](mailto:ing.fercarballo@gmail.com) . <sup>2</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. México. Correo electrónico: [juancarlos.rodriguez@uaslp.mx](mailto:juancarlos.rodriguez@uaslp.mx) .

### Resumen

El crecimiento de las plantas depende de las condiciones ambientales, condiciones de manejo y de suelo, es por ello que en esta investigación se planteó evaluar el crecimiento de chiles en sustrato a base de arena, bajo ambiente protegido. Los tratamientos evaluados fueron: 1) suelo (testigo), 2) arena, 3) arena-perlita (4:1) y 4) arena-perlita (1,5:1), los cuales se establecieron bajo un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Las especies utilizadas fueron *Capsicum annuum* L. tipos húngaro, serrano y jalapeño, y *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. tipo manzano. Las mezclas de arena-perlita beneficiaron el crecimiento de los chiles, respecto al suelo y arena. Por lo anterior, las mezclas de arena-perlita deben ser consideradas como una alternativa para producir chiles en contenedor.

**Palabras clave:** arena, *Capsicum annuum* L., *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav., perlita.

Recibido:18-12-2020 • Aceptado: 24-03-2021.

\*Autor de correspondencia. Correo electrónico: [ing.fercarballo@gmail.com](mailto:ing.fercarballo@gmail.com)

## Abstract

Plant growth depends on environmental conditions, management conditions and soil conditions, which is why in this research we evaluated the growth of chili peppers in a sand-based substrate, under a protected environment. The treatments evaluated were: 1) soil (control), 2) sand, 3) sand-perlite (4:1) and 4) sand-perlite (1.5:1), which were established under a completely randomized design with six replications. The species used were *Capsicum annuum* L. Hungarian, serrano and jalapeño types, and *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. apple type. The sand-perlite mixtures benefited the growth of the chili peppers, with respect to soil and sand. Therefore, sand-perlite mixtures should be considered as an alternative to produce chili peppers in containers.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L., *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav., *perlite*, sand.

## Resumo

O crescimento das plantas depende das condições ambientais, de gestão e das condições do solo, razão pela qual nesta investigação foi proposto avaliar o crescimento da pimenta em substrato à base de areia, sob ambiente protegido. Os tratamentos avaliados foram: 1) solo (controle), 2) areia, 3) areia-perlita (4:1) e 4) areia-perlita (1,5: 1), os quais foram estabelecidos sob um delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. As espécies utilizadas foram *Capsicum annuum* L. Hungarian, tipos serrano e jalapeño, e *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. tipo de macieira. As misturas de areia-perlite beneficiaram o crescimento da malagueta, no que diz respeito ao solo e à areia. Portanto, as misturas de areia-perlite devem ser consideradas como uma alternativa para produzir pimentas em recipientes

**Palavras-chave:** areia, *Capsicum annuum* L., *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav., perlite.

## Introducción

El chile es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial. México es considerado como el centro de domesticación debido a la evidencia que data de miles de años y a que existe gran diversidad de chiles; dentro del género *Capsicum* existen diversas especies de interés económico, como lo son *C. annuum* donde sobresalen los tipos jalapeño y serrano, y *C.*

## Introduction

Chili is one of the most important crops worldwide. Mexico is considered the center of domestication due to the evidence dating back thousands of years and the great diversity of chili peppers; Within the genus *Capsicum* there are various species of economic interest, such as *C. annuum* where the jalapeño and serrano types stand out, and *C. pubescens* where the apple

*pubescens* donde sobresale el tipo manzano (García-Gaytán *et al.*, 2017). Actualmente existe una transición de sistemas de producción de campo abierto a sistemas protegidos como lo son invernadero, malla sombra o túnel, los cuales se asocian a la utilización de sustratos debido a diversos problemas que enfrenta el suelo, como la salinidad, desbalances iónicos, dispersión de suelo por exceso de sodio, problemas de compactación, además de que en el suelo se pueden encontrar agentes patógenos y sustancias químicas contaminantes (Kopittke *et al.*, 2019). En los sistemas de producción en ambiente protegido comúnmente se utilizan sustratos homogéneos, sin embargo, en pequeños sistemas puede ser factible la mezcla de materiales para obtener sustratos eficientes y económicos para la producción de diferentes especies (Hasan *et al.*, 2014). La creciente necesidad de encontrar técnicas que contribuyan al uso eficiente del agua y nutrimentos ha llevado al estudio de nuevos materiales, de manera individual y en mezclas, para su uso como sustratos hortícolas (Othman *et al.*, 2019). Los materiales utilizados en la producción de cultivos deben de cumplir con al menos tres funciones: proveer agua y aireación a la raíz, permitir el máximo crecimiento de las raíces y dar soporte a las plantas (Olle *et al.*, 2012). Algunos materiales usados como sustratos son arena, grava, perlita, piedra pómez, piedra volcánica, lana de roca, por mencionar algunos; cada material tiene características específicas que afectarán directa o indirectamente el

tree type stands out (García-Gaytán *et al.*, 2017). Currently there is a transition from open field production systems to protected systems such as greenhouse, shade mesh or tunnel, which are associated with the use of substrates due to various problems faced by the soil, such as salinity, ionic imbalances, dispersion of soil due to excess sodium, compaction problems, in addition to the fact that pathogens and polluting chemicals can be found in the soil (Kopittke *et al.*, 2019). In protected environment production systems, homogeneous substrates are commonly used, however, in small systems it may be feasible to mix materials to obtain efficient and economical substrates for the production of different species (Hasan *et al.*, 2014). The growing need to find techniques that contribute to the efficient use of water and nutrients has led to the study of new materials, individually and in mixtures, for use as horticultural substrates (Othman *et al.*, 2019). The materials used in the production of crops must fulfill at least three functions: provide water and aeration to the root, allow maximum root growth and support the plants (Olle *et al.*, 2012). Some materials used as substrates are sand, gravel, perlite, pumice stone, volcanic stone, rock wool, to name a few. Each material has specific characteristics that will directly or indirectly affect the growth and development of the plant (Ghehsareh and Kalbasi, 2012). The various geographic regions have endless materials that can be used as substrates, which leads to cost reduction and avoids contamination

crecimiento y desarrollo de la planta (Ghehsareh y Kalbasi, 2012). Las diversas regiones geográficas cuentan con un sinnúmero de materiales que se pueden usar como sustratos, lo que propicia una reducción de costos y evita la contaminación posterior a su uso, reduciendo el impacto ambiental (Cruz-Crespo *et al.*, 2014). La arena como sustrato para la producción hortícola ha mostrado beneficios en el manejo de los cultivos, básicamente por la baja capacidad de intercambio catiónico que posee y por la buena capacidad de aireación, además, desde el punto de vista económico la arena es un sustrato barato, ya que se encuentra en prácticamente todas las regiones del planeta y, además, puede ser reutilizado (Wang *et al.*, 2016). La perlita es otro sustrato utilizado ya que favorece el crecimiento de las raíces proporcionando un equilibrio óptimo de humedad, con lo cual incrementa la producción y la calidad de los frutos (Jerca *et al.*, 2015). Además del tipo de sustrato, el resultado de la producción y calidad de los productos dependerá en gran medida del manejo que se dé al sustrato (Olaria *et al.*, 2016). Dado que las características morfológicas de las plantas de chile varían respecto al tipo de chile, al ambiente y el manejo agronómico de la planta, se estableció como objetivo el evaluar el crecimiento de cuatro tipos de chiles cultivados en sustratos a base de arena, en condiciones de ambiente protegido.

## Materiales y métodos

El experimento se desarrolló dentro de una estructura de madera

after use, reducing environmental impact (Cruz-Crespo *et al.*, 2014). Sand as a substrate for horticultural production has shown benefits in crop management, basically due to its low cation exchange capacity and its good aeration capacity, in addition, from an economic point of view sand is a cheap substrate, since it is found in practically all regions of the planet and, in addition, it can be reused (Wang *et al.*, 2016). Perlite is another substrate used since it favors root growth by providing an optimal moisture balance, thereby increasing the production and quality of the fruits (Jerca *et al.*, 2015). In addition to the type of substrate, the result of the production and quality of the products will largely depend on the management given to substrate (Olaria *et al.*, 2016). Given that the morphological characteristics of chili plants vary with respect to the type of chili, the environment and the agronomic management of the plant, the objective was to evaluate the growth of four types of chili peppers grown in sand-based substrates, under protected environment conditions.

## Materials and methods

The experiment was developed within a wooden structure and a concrete floor with an area of 105 m<sup>2</sup> (7 m wide by 15 m long) and a height of 4 m, covered with a black mesh of 50 % shading, located in the San Fernando ranch, Municipality of La Paz, Baja California Sur, Mexico, located at coordinates 24°03'48" north latitude and 110°24'37" west longitude, at an

y piso de concreto con un área de 105 m<sup>2</sup> (7 m de ancho por 15 m de largo) y una altura de 4 m, cubierta con malla negra de 50 % de sombreo, localizada en el rancho San Fernando, Municipio de La Paz, Baja California Sur, México, ubicado en las coordenadas 24°03'48" latitud norte y 110°24'37" longitud oeste, a una altitud de 36 msnm. La temperatura promedio durante el experimento fue de 24±5 °C. Cuatro sustratos fueron evaluados (Cuadro 1) en cuatro tipos de chiles: tres tipos de *Capsicum annuum* L.: húngaro, serrano y jalapeño, y un tipo de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.: manzano.

altitude of 36 meters above sea level. The average temperature during the experiment was 24 ± 5 °C. Four substrates were evaluated (Table 1) in four types of chili peppers: three types of *Capsicum annuum* L.: Hungarian, Serrano and jalapeño, and one type of *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.: Manzano.

The treatments were established under a completely randomized design with six repetitions, of which four were considered for measurement of variables. The experimental unit consisted of a black polyethylene pot with a volume of eight liters filled with seven liters of substrate, into

Cuadro 1. Descripción de los sustratos evaluados en el experimento.

Table 1. Description of the substrate evaluated in the experiment.

Sustratos	Descripción
1	Suelo (Franco-arenoso, pH 8,24, conductividad eléctrica (CE) 1,32 dS.m <sup>-1</sup> ; materia orgánica 0,17 %).
2	Arena (Tamaño de partículas de arena entre 0,063-2,00 mm).
3	Arena-Perlita (Relación 4:1) (Tamaño de partículas de perlita entre 1,5-2,3 mm).
4	Arena-Perlita (Relación 1,5:1)

Los tratamientos se establecieron bajo un diseño completamente al azar con seis repeticiones, de las cuales se consideraron cuatro para medición de variables. La unidad experimental consistió en una maceta de polietileno de color negro con volumen de ocho litros rellena con siete litros de sustrato, en la cual se trasplantó una plántula de cuatro semanas de edad. La nutrición de las plantas se llevó a cabo mediante la aplicación de 0,9 L.dia<sup>-1</sup> de la solución nutritiva: N: 68, P: 60, K: 67, Ca: 55 y Mg: 35 mg.L<sup>-1</sup>, pH 5,8 y CE 2,5 dS.m<sup>-1</sup>. Las

which a four-week-old seedling was transplanted. The nutrition of the plants was carried out by applying 0.9 L.day<sup>-1</sup> of the nutrient solution: N: 68, P: 60, K: 67, Ca: 55 and Mg: 35 mg.L<sup>-1</sup>, pH 5.8 and EC 2.5 dS.m<sup>-1</sup>. The variables evaluated were stem diameter, plant height, root dry weight and aerial part dry weight, which were measured at the beginning of flowering, being 50 days after transplantation (ddt) for *C. annuum* types and the 100 ddt for *C. pubescens*. For the variables of height and stem diameter, a flexometer and

variables evaluadas fueron diámetro del tallo, altura de planta, peso seco de raíz y peso seco de parte aérea, las cuales se midieron al inicio de floración, siendo a los 50 días después del trasplante (ddt) para los tipos *C. annuum* y a los 100 ddt para *C. pubescens*. Para las variables de altura y diámetro de tallo se utilizó flexómetro y vernier digital, respectivamente; para determinar la biomasa seca las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C por 48 horas y se pesaron en una balanza analítica con precisión de 0,001 g. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza mediante el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22,0 (IBM Corp, 2013). Un análisis de contrastes ortogonales se utilizó para evaluar tres hipótesis respecto a los sustratos: 1) Ho: suelo = sustratos, 2) Ho: arena = arena-perlita, y 3) Ho: arena-perlita (4:1) = arena-perlita (1,5:1).

## Resultados y discusión

El análisis de contrastes ortogonales mostró que los materiales evaluados provocaron diferencias estadísticas en el crecimiento (Cuadro 2).

Las plantas de chile húngaro cultivadas en medios diferentes al suelo mostraron un incremento de 17 % en el diámetro de tallo. A pesar de que los sustratos con arena no fueron estadísticamente diferentes, en la mezcla 4:1 los tallos presentaron 10 % mayor diámetro que en la mezcla 1,5:1. La altura de plantas cultivadas en sustrato con arena mostraron un incremento de 17 % comparado con el

digital vernier were used, respectively; To determine the dry biomass, the samples were dried in a forced air oven at 60 °C for 48 hours and weighed on an analytical balance with a precision of 0.001 g. The data obtained were subjected to an analysis of variance using the statistical package Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 22.0 (IBM Corp, 2013). An orthogonal contrast analysis was used to evaluate three hypotheses regarding substrates: 1) Ho: soil = substrates, 2) Ho: sand = sand-perlite, and 3) Ho: sand-perlite (4:1) = sand- perlite (1.5:1).

## Results and discussion

The orthogonal contrast analysis showed that the evaluated materials caused statistical differences in growth (Table 2).

Hungarian chili plants grown in media other than soil showed a 17 % increase in stem diameter. Although the substrates with sand were not statistically different, in the 4:1 mixture the stems had 10 % greater diameter than in the 1.5:1 mixture. The height of plants grown in sand substrate showed an increase of 17 % compared to the soil. The root dry weight of plants grown in substrate showed values higher than the soil in 148 %; while the sand-perlite substrates were superior to sand by 49 %, and particularly the sand-perlite mixture 4:1 was superior to the 1.5:1 mixture by 78 %. In the dry weight of the aerial part, the sand-based materials were 58 % higher than the soil. Although there were no

suelo. El peso seco de raíz de plantas cultivadas en sustrato mostró valores superiores al suelo en 148 %; mientras que los sustratos arena-perlita fueron superiores a la arena en 49 %, y particularmente la mezcla arena-perlita 4:1 fue superior a la mezcla 1,5:1 en 78 %. En el peso seco de la parte aérea los materiales a base de arena fueron superiores al suelo en 58 %. A pesar de que no hubo diferencias entre la arena y el promedio de las mezclas arena-perlita, la mezcla 4:1 fue superior a la mezcla 1,5:1 en 37 % (Cuadro 3).

differences between the sand and the average of the sand-perlite mixtures, the 4:1 mixture was superior to the 1.5:1 mixture in 37 % (Table 3).

The stem diameter of serrano plants grown in sand and sand-perlite showed an increase of 6 % compared to those grown in soil. Between sand and sand-perlite mixtures, sand outperformed mixtures by 14 %, while, in the comparison between mixtures, sand-perlite 4:1 was 10 % superior to the 1.5:1 mixture. The height of the plants grown in the sand-perlite mixtures were higher than the sand

**Cuadro 2. Resultados de los contrastes ortogonales en el efecto de los sustratos sobre el crecimiento de chiles húngaro, serrano y jalapeño (*Capsicum annuum* L.), y manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.).**

**Table 2. Results of orthogonal contrasts in the effect of substrates on the growth of chili peppers: húngaro, serrano y jalapeño (*Capsicum annuum* L.), y manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.).**

Chile	Contraste	Sustratos				Variables			
		1	2	3	4	Diámetro de tallo	Altura de planta	Peso seco raíz	Peso seco parte aérea
Húngaro	C1	3	-1	-1	-1	**	*	**	**
	C2	0	2	-1	-1	ns	ns	**	ns
	C3	0	0	1	-1	*	ns	**	**
Serrano	C1	3	-1	-1	-1	*	ns	*	ns
	C2	0	2	-1	-1	**	*	ns	ns
	C3	0	0	1	-1	*	ns	ns	ns
Jalapeño	C1	3	-1	-1	-1	*	ns	**	**
	C2	0	2	-1	-1	ns	*	*	ns
	C3	0	0	1	-1	ns	ns	*	ns
Manzano	C1	3	-1	-1	-1	*	ns	**	**
	C2	0	2	-1	-1	ns	*	**	ns
	C3	0	0	1	-1	ns	ns	*	ns

\*\*= altamente significativo p<0,01, \* = significativo p<0,05, ns= no significativo.

\*\*= highly significant p<0.01, \* = significant p<0.05, ns= not significant.



El diámetro de tallo de plantas de serrano cultivadas en arena y arena-perlita mostraron un incremento de 6 % comparadas con las cultivadas en suelo. Entre la arena y las mezclas arena-perlita, la arena superó a las mezclas en 14 %, mientras que, en la comparación entre las mezclas, la arena-perlita 4:1 fue superior en 10 % a la mezcla 1,5:1. La altura de las plantas cultivadas en las mezclas arena-perlita fueron superiores a la arena en 16 %. El peso seco de la raíz fue beneficiado por los materiales con arena, incrementándose en 35 % (Cuadro 3).

Las plantas de chile jalapeño y manzano cultivadas en materiales con arena mostraron un incremento del diámetro de tallo de 19 y 13 %, respectivamente. A pesar de que la altura de las plantas cultivadas fue similar en todos los materiales, las mezclas arena-perlita, en comparación con la arena, mostraron un incremento de 20 y 10 % en chiles jalapeño y manzano, respectivamente. Los materiales a base de arena incrementaron el peso seco de raíz de jalapeño en 153 % y manzano en 86 %; las mezclas arena-perlita fueron superiores a la arena en 28 y 48 %, mientras que la mezcla arena-perlita 1,5:1 fue superior a la mezcla 4:1 en 29 y 17 %, para jalapeño y manzano, respectivamente. El peso seco de la parte aérea de las plantas de jalapeño mostró un incremento de 66 %, mientras que las plantas de chile manzano mostraron un incremento de 20 % cuando las plantas fueron cultivadas en los tratamientos con arena (Cuadro 3).

by 16 %. The dry weight of the root was benefited by the materials with sand, increasing by 35 % (Table 3).

The jalapeño pepper and apple tree plants grown in sand materials showed an increase in stem diameter of 19 and 13 %, respectively. Despite the fact that the height of the cultivated plants was similar in all materials, the sand-perlite mixtures, in comparison with the sand, showed an increase of 20 and 10 % in jalapeño and manzano peppers, respectively. Sand-based materials increased jalapeño root dry weight by 153 % and apple tree by 86 %; the sand-perlite mixtures were superior to the sand in 28 and 48 %, while the sand-perlite mixture 1.5:1 was superior to the 4:1 mixture in 29 and 17 %, for jalapeño and apple tree, respectively. The dry weight of the aerial part of the jalapeño plants showed an increase of 66 %, while the manzano chili plants showed an increase of 20 % when the plants were cultivated in the sand treatments (Table 3).

Sand-based substrates have proven to be a viable option for agricultural production, as shown by sand-vermicompost mixtures (1:1, v/v) which provided better conditions for the growth of Hungarian chili (Moreno-Reséndez *et al.*, 2014), as well as the sand-vermicompost mixture (4:1, v/v) which benefited the growth of six varieties of jalapeño pepper (Beltrán-Morales *et al.*, 2016). The greater growth of cultivated plants in sand-based substrates is attributed to the fact that sand allows the growth of roots through large pores (> 5 mm), mainly (Othman *et al.*, 2019).



**Cuadro 3. Efecto de los sustratos en el crecimiento de chiles húngaro, serrano y jalapeño (*Capsicum annuum* L.), y manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.).**

**Table 3. Effect of substrates on the growth of chili peppers húngaro, serrano y jalapeño (*Capsicum annuum* L.), y manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.).**

Chile	Sustratos	Diámetro de tallo (mm)	Altura de planta (cm)	Peso seco raíz (g)	Peso seco parte aérea (g)
Húngaro	1) Suelo	9,000	66,167	2,110	12,143
	2) Arena	10,667	75,167	3,930	17,807
	3) Arena-Perlita (4:1)	11,000	76,333	7,477	23,617
	4) Arena-Perlita (1,5:1)	10,000	80,167	4,197	17,247
	±EE	0,279	3,681	0,431	1,297
Serrano	1) Suelo	10,333	110,667	3,610	17,903
	2) Arena	12,000	89,667	4,900	12,590
	3) Arena-Perlita (4:1)	11,000	107,000	5,107	19,190
	4) Arena-Perlita (1,5:1)	10,000	101,333	5,147	15,343
	±EE	0,211	5,660	0,527	2,007
Jalapeño	1) Suelo	10,000	94,000	3,240	14,360
	2) Arena	12,000	85,000	6,917	21,450
	3) Arena-Perlita (4:1)	12,333	110,000	7,760	24,380
	4) Arena-Perlita (1,5:1)	11,333	94,667	9,987	25,830
	±EE	0,506	5,420	0,696	1,839
Manzano	1) Suelo	9,667	76,000	8,243	22,563
	2) Arena	10,500	70,333	11,653	25,690
	3) Arena-Perlita (4:1)	11,333	75,667	15,870	26,723
	4) Arena-Perlita (1,5:1)	10,833	78,333	18,537	28,607
	±EE	0,428	2,483	0,878	1,340

Los valores representan la media de cuatro repeticiones. EE: error estándar de la media.

Values represent the mean of four replicates. EE: standard error mean.

Los sustratos a base de arena han mostrado ser una opción viable para la producción agrícola, tal y como lo demuestran las mezclas de arena-vermicomposta (1:1, v/v) la cual brindó mejores condiciones para el crecimiento de chile húngaro (Moreno-Reséndez *et al.*, 2014), así como la

Substrates with very small particles (<1 mm), have low oxygenation which affects a decrease in the absorption of water and nutrients, decreasing the growth and yield of the plants (Pire and Pereira, 2018). In particular, the mixture of perlite with sand allows a balance between pore size to be

mezcla arena-vermicomposta (4:1, v/v) la cual benefició el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (Beltrán-Morales *et al.*, 2016). El mayor crecimiento de plantas cultivadas en sustratos a base de arena se atribuye a que la arena permite el crecimiento de las raíces a través de los poros grandes (>5 mm), principalmente (Othman *et al.*, 2019). Sustratos con partículas muy pequeñas (<1 mm), tienen baja oxigenación lo que repercute en una disminución en la absorción de agua y nutrientes, disminuyendo el crecimiento y rendimiento de las plantas (Pire y Pereira, 2018). Particularmente la mezcla de perlita con arena permite mantener un equilibrio entre el tamaño de poros lo que permite la retención de humedad y la aeración, beneficiando el crecimiento de las plantas (Markoska *et al.*, 2018). Los resultados de esta investigación reafirman lo reportado por los autores antes mencionados, quienes concluyen que las mezclas de arena con otros sustratos resultan en mejores condiciones para el crecimiento de las plantas.

## Conclusiones

Las mezclas de arena-perlita benefician el crecimiento de los chiles. Particularmente para chiles tipo húngaro y serrano la mezcla de arena-perlita 4:1 incrementa su crecimiento, mientras que para los chiles tipos jalapeño y manzano la mezcla arena-perlita 1,5:1 brinda mejores condiciones de crecimiento. Las mezclas arena-perlita deben ser consideradas como una alternativa de

maintained, which allows moisture retention and aeration, benefiting plant growth (Markoska *et al.*, 2018). The results of this research reaffirm what was reported by the aforementioned authors, who conclude that mixtures of sand with other substrates result in better conditions for plant growth.

## Conclusions

Sand-perlite mixtures benefit the growth of chili peppers. Particularly for Hungarian and Serrano chili peppers, the 4:1 sand-perlite mix increases their growth, while for jalapeño and apple chili peppers the 1.5:1 sand-perlite mix provides better growing conditions. Sand-perlite mixtures should be considered as a substrate alternative for the production of chili peppers in containers.

## *End of English Version*

sustrato para la producción de chiles en contenedor.

## Literatura citada

- Beltrán-Morales, F.A., J.L. García-Hernández, F.H. Ruiz-Espinoza, R.D. Valdez-Cepeda, P. Preciado-Rangel, M. Fortis-Hernández y A. González-Zamora. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Ecosistemas y recursos agropecuarios. 3(7):143-149.
- Cruz-Crespo, E., A. Can-Chulim, R. Bugarín-Montoya, J. Pineda-Pineda, R. Flores-Canales, P. Juárez-López y G. Alejo-Santiago. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de

- chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Rev. Fitotec. Mex. 37(3):289-295.
- García-Gaytán, V., F.C. Gómez-Merino, L.I. Trejo-Téllez, G.A. Baca-Castillo y S. García-Morales. 2017. The Chilhuacle chili (*Capsicum annuum* L.) in Mexico: Description of the Variety, Its Cultivation, and Uses. Int. J. Agron. 5:1-13.
- Ghehsareh, A.M. y M. Kalbasi. 2012. Effect of addition of organic and inorganic combinations to soil on growing property of greenhouse cucumber. Afr. J. Biotechnol. 11(37):9102-9107.
- Hasan, M.J., M.U. Kulsum, M.Z. Ullah, M.M. Hossain y M.E. Mahmud. 2014. Genetic diversity of some chili (*Capsicum annuum* L.) genotypes. Int. J. Agril. Res. Innov. Tech. 4(1):32-35.
- IBM Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22. IBM Corp., Armonk, NY.
- Jerca, I.O., S.M. Cimpeanu, G. Dudu and D.V. Bhurgila. 2015. Study on the influence of the type of substrate and the quantity upon the tomato crop. Sci. Papers Ser. B Hortic. 59:225-228.
- Kopittke, P.M., N.W. Menzies, P. Wang, B.A. McKenna and E. Lombi. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security. Environ. Int. 132: 105078.
- Markoska, V., V. Spalevic and R. Gulaboski. 2018. A research on the influence of porosity on perlite substrate and its interaction on porosity of two types of soil and peat substrate. Journal of Agriculture and Plant Sciences. 64(3):15-29.
- Moreno-Reséndez, A., N. Rodríguez-Dimas, J.L. Reyes-Carrillo, C. Márquez-Quiroz y J. Reyes-González. 2014. Comportamiento del chile húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas. Rev. FCA UNCUIYO. 46(2):97-111.
- Olaria, M., J.F. Nebot, H. Molina, P. Troncho, L. Lapeña and E. Llorens. 2016. Effect of different substrates for organic agriculture in seedling development of traditional species of Solanaceae. Span. J. Agric. Res. 14(1): e0801.
- Olle, M., M. Ngouajio and A. Siomos. 2012. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. Zemdirbyste. 99(4):399-408.
- Othman, Y., K. Bataineh, M. Al-Ajlouni, N. Alsmairat, J. Ayad, S. Shiyab and R. St Hilaire. 2019. Soilless culture; management of growing substrate, water, nutrient, salinity, microorganism and product quality. Fresenius Environ. Bull. 28:3249-3260.
- Pire, R. y A. Pereira. 2018. Tamaño de los poros del suelo y crecimiento de raíz y vástago del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Agrociencia. 52(5):685-693.
- Wang, H.Y., J.C Han, W. Tong, J. Cheng and H.O. Zhang. 2016. Analysis of water and nitrogen use efficiency for maize (*Zea mays* L.) grown on soft rock and sand compound soil. J. Sci. Food. Agric. 97:2553-2560.