

Efecto del sustrato de siembra sobre dos híbridos de pimentón en un sistema hidropónico

Effects of substrate on hybrids of pepper in hydroponic system

J. Lugo¹, L. Vivas¹, L. Gruber¹ y Z. Rodríguez²

¹Decanato de Agronomía, Núcleo Universitario Héctor Ochoa Zuleta, vía Agua Viva-Tarabana. Teléfonos: 0251-2592362/2592323. ²Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia.

Resumen

Se evaluó el efecto del sustrato sobre el crecimiento de dos híbridos de pimentón (*Capsicum annuum* L.) 13.60 y 13.40, en sistema hidropónico abierto. Los tratamientos fueron: fibra de coco (FC) y mezclas de FC con cáscara de arroz, en dos proporciones volumétricas 1:1 y 3:1. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar en arreglo factorial 2 x 3. Las variables de crecimiento evaluadas fueron: biomasa seca de raíz, tallos y hojas y biomasa fresca frutos. La mayor ganancia en biomasa seca tallo se observó en el sustrato FC. Ni mezclas ni híbridos tuvo efecto sobre la biomasa fresca fruto. Los sustratos proporcionaron condiciones de aireación, humedad, nutrición y soporte, necesarias para favorecer el desarrollo de la planta.

Palabras clave: sustrato, hidroponía, *Capsicum annuum*.

Abstract

The substrate behavior was evaluation under pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrids 13.60 y 13.40, the treatments used were: Coco fiber (FC) and fiber mixtures of the Coco more rind of rice (CA), in proportions 1:1 and 3:1. The experimental design was blocks completely at random in factorial adjustment 2 x 3. The following growth variables were determinate: dry matter root, stem and leaf and production: fresh matter fruits in hydroponic system without cover. The stem dry matter was higher with FC substrate. The fresh mass of the fruit was not affected by the different mixtures and substrate. The substrate provides conditions of ventilation, moisture, nutrition and support to favor the plant growth.

Key words: substrate, hydroponics, *Capsicum annuum*.

Recibido el 30-6-2010 • Aceptado el 5-9-2011

Autor de correspondencia e-mail: joselugo@ucla.edu.ve

Introducción

La producción en cultivos hidropónicos representa una alternativa viable para la producción de pimentón (*Capsicum annuum* L.), sobre todo en aquellas áreas donde se produce bajo condiciones limitantes de suelo, disponibilidad de agua de calidad para el riego y donde existe alta incidencia de plagas y enfermedades. En estos sistemas de producción bajo condiciones controladas, se hace un uso eficiente de los recursos suelo, agua y fertilizantes (Valles *et al.*, 2009).

Las plantas de pimentón son difíciles de manejar bajo sistemas hidropónicos, debido a la sensibilidad que presentan sus raíces al contacto directo con el agua (Valles *et al.*, 2009). Para superar este problema es necesario establecer esta especie sobre un sustrato, materiales de diversas naturaleza que proveen una estructura estable, buena aireación y buena capacidad de retención de humedad, además debe ser económico, fácilmente disponible, reproducible, y libre de patógenos, fitotoxinas y malezas (Urrestarazu, 2004). Una tendencia generalizada en el mundo ha sido la búsqueda de materiales alternativos que sean capaces de competir con la ventajas físicas y químicas que ofrece la turba (Arena *et al.*, 2002). El reciclaje de residuos de la agroindustria es una alternativa válida para producir sustratos con las características antes mencionadas.

Entre los materiales usados actualmente como sustrato se encuentran la fibra de coco que es un material fibroso que posee alta capacidad

Introduction

The production in hydroponic crops represents a viable alternative for the production of pepper (*Capsicum annuum* L.), especially in those areas where it is produced under limited soil conditions, water availability for irrigation and where there is a high incidence of pests and diseases. In these production systems under controlled conditions, it is done an efficient use of the soil, water and fertilizers resources (Valles *et al.*, 2009)

Pepper plants are difficult to handle under hydroponic systems, due to the sensitiveness that present the roots with the direct contact with water (Valles *et al.*, 2009). To surpass this problem, it is necessary to establish this specie on a substrate, materials of different nature that provide a steady structure, good ventilation and good capacity of humidity retention, also, it is cheap, accessible, easy to reproduce and free of pathogens, phytotoxins and weeds (Urrestarazu, 2004). A general tendency worldwide has been the searching of alternative materials capable of competing with the physical and chemical advantages that the peat offers (Arena *et al.*, 2002). The recycle of the agroindustry residues is a valid alternative to produce substrates with the characteristics already mentioned.

Among the materials used nowadays as substrates are the coconut fiber, that is a fibrous material with a high retention capacity of water humidity, good ventilation and low density, nevertheless, it may have

de retención de humedad agua, buena aireación y baja densidad, no obstante, puede tener algunas sustancias tóxicas que pueden causar efectos nocivos en las plantas, se usa como sustituto de la turba en la producción de orquídeas y otras especies comerciales. La cáscara de arroz por su parte, posee una baja tasa de descomposición debido a su alto contenido en sílice, es un material liviano, que favorece la aireación y el drenaje; también es un sustrato ideal para la mezcla con otros sustratos que retengan bien la humedad (Rodríguez y Hernández, 1999).

El objetivo de la investigación fue estudiar el comportamiento de diferentes sustratos (fibra de coco y cáscara de arroz) y mezclas de éstos, sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de dos híbridos de pimentón en un sistema hidropónico.

Materiales y métodos

El ensayo de campo se realizó en la Hacienda el Tunal en Quibor, estado Lara, 9°55'11" N y 63°37'39" O) a una altitud 682 msnm; una temperatura media anual de 26°C y una precipitación promedio de 587 mm.

Se probaron tres sustratos: fibra de coco (FC) y dos mezclas de FC más cáscara de arroz (CA), en proporciones volumétricas 1:1 y 3:1 respectivamente, se evaluó el crecimiento de dos híbridos experimentales de pimentón de la Western Seed: 13.60 y 13.40, los cuales tienen como características: plantas uniformes, con la estructura abierta, de vigor medio y tolerantes a bajas temperaturas; sus frutas clasi-

some toxic substances that may cause harmful effects in plants; it is used as a substitute of peat in the production of orchids and other commercial species. On the other hand, the rind of rice has a low decomposition rate due to its high content in silica, which is a slight material that favors ventilation and drainage; it is also an ideal substrate for combining with other substrates that retain well the humidity (Rodríguez and Hernández, 1999).

The objective of this investigation was to study the behavior of different substrates (coconut fiber and rind of rice) and mixes of these, on the vegetative and reproductive growth of two pepper hybrids in a hydroponic system.

Materials and methods

The field essay was done at the Tunal farm in Quibor, Lara state 9°55'11" N and 63°37'39" O) at an altitude of 682 masl, a mean annual temperature of 26°C and an average precipitation of 587 mm.

Three substrates were proved: coconut fiber (FC) and two mixes of FC plus rind of rice (CA), in volumetric proportions 1:1 and 3:1 respectively, the growth of two experimental hybrids in pepper was evaluated in the Western seed: 13.60 and 13.40, which have as characteristics: uniform plants with open structures, with medium vigor and tolerant to low temperatures, the fruits are classified as medium size with thick and firm walls, peppers are green, but change to red once ripened.

ficadas de tamaño medio con paredes gruesas y firmes, los pimentones son verdes, pero cambian al rojo en madurez.

Se estableció un sistema hidropónico abierto, expuesto a condiciones ambientales locales. El trasplante se realizó con plantas de 35 días de edad, colocadas sobre el sustrato ubicado en bolsas negras de polietileno de 20 x 40 cm, dispuestas en hileras dobles separadas entre sí 1,2 m, cada hilera simple a 0,5 m y 0,4 m entre planta.

El riego fue a través de un sistema de cintas de goteo ubicadas sobre el canal del cultivo, con una frecuencia diaria, se aplicó fertirrigación con el producto Solub (13-40-13) para enraizamiento por 2 semanas consecutivas, posteriormente se utilizó la fórmula 18-18-18 de crecimiento hasta inicio de floración, seguidamente se aplicó la fórmula, 15-05-30 para floración y fructificación hasta el final de la cosecha.

Se realizaron observaciones semanales y colocaron trampas amarillas y barreras vegetales para controlar las plagas.

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar en un arreglo factorial 2 (híbridos) x 3(sustrato) con 5 repeticiones de 12 plantas por repeticiones. Durante el transcurso de la investigación se cuantificaron las siguientes variables:

Caracterización física de los sustrato: se determinó porosidad total (PT), porosidad de aireación (PDA), capacidad de retención de humedad (CRH), densidad aparente (Da) y densidad de partículas (Dp), mediante el uso del porómetro si-

An open hydroponic system was established, exposed to local environmental conditions. The transplant was done with plants of 35 years old, put on the substrate located on black polyethylene bags of 20 x 40 cm, locates in double lines separated among them with 1.2 m, each simple line at 0.5 m and 0.4 m between plants.

Irrigation was done with a dropping system located at the crop canal, with a daily frequency; fertirrigation was applied with the Solub product (13-40-13) for rooting during 2 weeks in a row, later, the formula 18-18-18 of growth until the initial date of flowering, followed by the formula 15-05-30 for flowering and fructification until the end of the harvest.

Weekly observations were done and put in yellow traps and vegetal barriers to control pest.

The experimental design was of a factorial design at random with 2 (hybrids) x 3 (substrate) with 5 replications of 12 plants per repetitions. During the investigation, the following variables were quantified:

Physical characterization of the substrate: were determined the total porosity (PT), ventilation porosity (PDA), capacity of humidity retention (CRH), apparent density (Da) and density of particles (Dd) using a porometer and following the procedure established by Pire and Pereira (2003).

Chemical characterization of the substrate: were determined the pH of the pH-meter brand Orion 230A model, and the electrical

guiendo el procedimiento establecido por Pire y Pereira (2003).

Caracterización química del sustrato: para lo cual se determinaron el pH con el peachímetro de marca ORion model 230A y la conductividad eléctrica, con el conductímetro de marca HANNA H19812 y un disolución 1:2.

Biomasa seca de raíz, de tallos y hojas: el material discriminado por órgano de la planta y por repetición, se colocó en bolsas de papel y se introdujeron a una estufa a 70°C, donde el material permaneció aproximadamente 48 horas hasta alcanzar peso seco constante.

Crecimiento reproductivo (biomasa fresca de frutos): se contaron y pesaron los frutos de cada uno de los híbridos (13.40 y 13.60) en cada tratamiento, realizando la cosecha cuando hubo de un 10 a 15% de frutos color rojo.

Se realizaron pruebas de homogeneidad, normalidad, análisis de la varianza y pruebas de medias de Tukey con grado de significancia de 5%, para todos los datos del porómetro y de campo; a través del programa estadístico InfoStat

Resultados y discusión

Caracterización física de los sustratos

En el cuadro 1 se muestran los resultados de algunas propiedades físicas de los sustratos FC y de la mezcla de FC y CA.

Los valores de PT de los tres sustratos estudiados son menores al valor considerado óptimo (>85%) reportado por Abad y Noguera (2004).

conductivity with a conduct-meter brand Hanna H19812 and a dilution of 1:2.

Dry biomass of root, stems and leafs: the discriminated material per organ of the plant and repetition was put in plastic bags and introduced on a stove at 70°C, where the material remained approximately for 48 hours until obtaining a constant dry weight.

Reproductive growth (fresh biomass of fruits): fruits of each of the hybrids (13.40 and 13.60) were counted and weighted in each treatment, doing the crop once there were 10 to 15% of red fruits.

Tests of homogeneity, normality, variance analysis and mean Tukey test were done, with a significant level of 5% for all the data of the porometer and those taken from the field, through the statistical program InfoStat.

Results and discussion

Physical characterization of substrates

In table 1, are shown the results of some physical properties of the substrates FC and the mix of FC and CA.

Values of PT of the three studied substrates are lower than the value considered optimum (>85%) reported by Abad and Noguera (2004). PT was a variable in the evaluated substrates, observing the highest percentage of PT in the substrate of the mix 1:1 FC and CA. These results agree to the reported by Pire and Pereira (2003), when evaluating 5 substrates found that FC and CA showed values superior to PT

Cuadro 1. Características físicas del sustratos Fibra de coco (FC) y de las mezclas con Fibra de coco (FC) y Cáscara de arroz (CA).**Table 1. Physical characteristics of the substrates coconut fiber (FC) and mixes with coconut fiber (FC) and rind of rice (CA).**

Sustrato	PT (%)	PDA (%)	CRH (%)	Da (g g.cm ⁻³)	Dp (g.cm ⁻³)
100% FC	73,55 ^a	20,41 ^c	53,14 ^a	0,07 ^b	0,28 ^b
75% FC - 25% CA	69,38 ^b	35,76 ^b	33,62 ^b	0,08 ^a	0,26 ^b
50% FC - 50% CA	74,36 ^a	41,37 ^a	32,99 ^b	0,08 ^a	0,33 ^a

Las medias para los valores con letra distintas en la misma columna indican diferencias significativa, para * ($P \leq 0,05$).

PT: Porosidad total, PDA: porosidad de aireación, CRA: capacidad de retención de humedad, Da: densidad aparente, Dp: Densidad de partículas.

La PT fue variable en los sustratos evaluados, observándose el mayor porcentaje de PT en el sustrato mezcla 1:1 FC y CA. Estos resultados tienen coincidencia con los reportados por Pire y Pereira (2003), quienes al evaluar 5 sustratos encontraron que la FC y CA mostraron valores superiores de PT (81,8% y 84,8%), sólo superados por el bagazo de caña. En este aspecto se debe tener un especial interés porque la disminución en la estabilidad de los sustratos de siembra podría asociarse a la disminución en la porosidad total.

En cuanto al espacio poroso (PDA), el sustrato 100% FC se encuentra dentro del rango considerado óptimo por Abad y Noguera (2004), quienes indican valores óptimos para la porosidad de aireación entre 20 – 30%, mientras que las mezclas de sustratos presentan valores por encima de los descritos. Aunque esta característica según lo descrito por Pire y Pereira (2003) favorece el libre drenaje, por proveer alto volumen de aireación, disminuye al mismo tiempo la capa-

(81.8% and 84.8%) only surpassed by the cane bagasse. On this matter, a special interest must exist because the reduction in the stability of the sow substrates may be related to the reduction of a total porosity.

Regarding the porous space (PDA), the 100% substrate FC in inside the Rank considered optimum for Abad and Noguera (2004), who indicate optimum values for the ventilation porosity from 20 – 30%, while the substrates mixes present values over the described. Even though this characteristic, following the described by Pre and Pereira (2003), favors the free drainage by providing a high ventilation volume, at the same time reduces the capacity time of humidity retention which difficult the handle of the irrigation; this characteristic is important to be considered specially in the areas with a high irrigation demand (case of study in the area), when establishing the frequency of it.

In relation to the retention capacity of humidity (CHR), FC

cidad de retención de humedad lo cual dificulta el manejo de riego; esta característica es importante de considerar especialmente en zonas con alta demanda de riego (caso de la zona objeto de estudio), al establecer la frecuencia del mismo.

Con respecto a la capacidad de retención de humedad (CRH), la FC presentó el valor más alto (53,14%), estos resultados difieren con los reportados por Pire y Pereira (2003), quienes encontrando que la FC retuvo un 65,5% de agua; sin embargo, de acuerdo a lo señalado por estos autores es fundamental que sea utilizado en conjunto con un material que aporte suficiente porosidad de aireación como lo es la CA.

Al evaluar la densidad aparente (D_a) de los sustratos evaluados, todos tiene valores inferiores a los $0,158 \text{ g cm}^{-3}$ reportado por Abad y Noguera (2004). Los valores bajos de D_a se deben a su estructura porosa, por lo que, éstos sustratos se consideran inestables ya que podrían desintegrarse fácilmente bajo los efectos de la lluvia y/o la labranza no garantizando un adecuado soporte a la planta, sobre todo si se emplean en altas proporciones. Por su parte, Jiménez y Caballero (1990) indican que los valores para esta variable deberían estar entre $0,15$ y $0,45 \text{ g cm}^{-3}$, valores inferiores hace los sustratos altamente sensibles al volcamiento al utilizarse en altas proporciones.

La mayor densidad de partículas (D_p), se observó en el tratamiento 3:1 FC y CA ($0,33 \text{ g cm}^{-3}$), valores muy por debajo de los $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ de la densidad del cuarzo (estándar usado en los cálculos de suelo), posiblemente

presented the highest value (53.14%), these results differ to the reported by Pire and Pereira (2003), who found that FC retained 65.5% of water, however, according to the mention by these authors, it is vital that it would be used along to a material that provided enough ventilation porosity such as CA.

Evaluating the apparent density (D_a) of the evaluated substrates, it does not have inferior values of 0.158 g cm^{-3} reported by Abad and Noguera (2004). The low values of D_a are due to a porous structure, therefore, these substrates are considered unsteady since may disintegrate easily under the effects of raining and/or farming, without guaranteeing an adequate support to the plant, especially if are employed in high proportions. On the other hand, Jiménez and Caballero (1990) indicate that the values for this variable must be from 0.15 to 0.45 g cm^{-3} , inferior values make the substrates highly sensitive to the rollover when using in high proportions.

The highest density of particles (D_d) was observed in treatment 3:1 FC and CA (0.33 g cm^{-3}), values below 2.65 g cm^{-3} of the quartz density (standard used in the calculus for the soil), maybe due to the high contents of organic matter reduce the value, because it is slighter than the mineral material.

Dry biomass of the stems

The highest accumulation of the dry biomass of the stem for hybrids 13.60 and 13.40 (20 and 26 g respectively) was observed in the treatment FC as a substrate. Similar results were obtained by Valles *et al.*, (2009)m who when evaluating the pepper hybrid XP 12401 observed a

debido a que altos contenidos de materia orgánica reducen el valor, porque es mucho más ligera que el material mineral.

Biomasa seca de tallos

La mayor acumulación de biomasa seca del tallo para los híbridos 13.60 y 13.40 (20 y 26 g respectivamente) se observó en el tratamiento FC como sustrato. Similares resultados fueron obtenidos por Valles *et al.* (2009), quienes al evaluar pimentón híbrido XP 12401 observaron mayor desarrollo medido en materia seca de tallo en plantas creciendo en fibra de coco que en mezcla de materiales. Probablemente el incremento en biomasa seca del tallo se deba al alto PDA y CRH, características que a la vez que favorecen un libre drenaje garantizan una buena retención de humedad, proporcionando condiciones ideales para el desarrollo tanto de la parte aérea como subterránea de la planta.

Biomasa fresca de frutos

Ni sustratos ni híbridos tuvo efectos sobre la biomasa de frutos de pimentón (cuadro 2). Estos resultados podrían demostrar que, tanto la FC como las mezclas de sustrato con CA, proporcionaron las condiciones de aireación, humedad y nutrición, así como, el soporte necesario para el apropiado funcionamiento de las raíces de ambos híbridos y por ende el desarrollo de la planta.

Conclusiones

En los sustratos 100% FC y las mezclas con CA tanto los valores de PT y los de Da se encontraron por debajo del rango considerado óptimo,

higher measured development in the dry matter of stems in plants growing in coconut fiber than in the mix of materials. Probably, the increment of the dry biomass of the stem is due to the high PDA and CRH, characteristics that at the same time favor a free drainage and guarantee a good humidity retention, providing ideal conditions for the development of both the air and internal area of the plant.

Fresh biomass of fruits

Neither substrates nor hybrids had effect on the fresh biomass of pepper (table 2). These results may prove that, FC as well as the substrates mixes with CA, provided the ventilation, humidity and nutrition conditions, as well as the necessary support for the appropriate functioning of roots of both hybrids, hence, the development of the plant.

Conclusions

In the substrates 100% FC and mixes with CA, the values of PT and Da were below the Rank considered as optimum, which make that these substrates be light, unsteady and the plants to be more sensitive to rollover.

Favoring the free drainage and humidity retention, characteristics of a high PDA and CRH in the substrate 100% FC, increased the dry biomass of the stem in the hybrid 13.40.

The fresh variable of fruits was not affected by the substrates or by hybrids. However, substrates 100% FC and the mix with the highest percentage of this material favored the growth of fruits.

End of english version

Cuadro 2. Efecto del híbrido y el sustrato sobre la masa seca tallo y masa fresca del fruto de pimentón.

Table 2. Effect of the hybrid and the substrate on the stem dry mass and fresh mass of the pepper fruit.

Tratamiento	Biomasa seca tallo (g)	Biomasa fresca fruto (kg.ha ⁻¹)
13.60-100%FC	20,0 ^b	51.535,71 ^a
13.40-100%FC	26,3 ^a	70.708,33 ^a
13.60-75%FC-25%CA	22,5 ^b	70.184,52 ^a
13.40-75%FC-25%CA	21,8 ^b	63.452,38 ^a
13.60-50%FC-50%CA	20,3 ^{bc}	52.464,29 ^a
13.60-50%FC-50%CA	17,2 ^c	61.904,76 ^a

Las medias para los valores con letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05b$), para * ($P \leq 0,05$).

FC: fibra de coco y CA: cascara de arroz.

lo que hace que estos sustrato sean muy ligeros, inestables y que las plantas sean más susceptibles al volcamiento.

Al favorecer el libre drenaje y retención de humedad, característico de un alto PDA y CRH en el sustrato 100% FC se incrementó la biomasa seca del tallo en el híbrido 13.40.

La variable biomasa fresca de frutos no fue afectada por los sustratos ni por los híbridos. Sin embargo, los sustratos 100% FC y las mezcla con el porcentaje más alto de este material favorecieron el crecimiento de los fruto.

Literatura citada

- Abad, M. y P. Noguera. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo, in: Urrestarazu M (ed). Manual del cultivo sin suelo. Grupo mundial prensa. Almería, España. pp 126.
- Arena, M., C. Vavrina, J. Cornell, E. Hanlon y G. Hochmuth. 2002. Coir

as an alternative to peat in media for tomato transplant production. HortScience, 37(2):309-312.

Jiménez, R. y M. Caballero. 1990. El cultivo industrial de las plantas en macetas. Ediciones de horticultura. Reus. Barcelona, España. 664p.

Pire R. y A. Pereira. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura de estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro 15(1):55-63.

Poole, R., C. Conover, y J. Joiner. 1981, Soil and potting mixture in: foliage plant production. Joiner J. N. (Ed.). Prentice Hall, Virginia. New Jersey. Pp:179-202.

Rodríguez, O. y S. Hernández. 1999. Curso Hidroponía. Edición corregida y ampliada. Postgrado Horticultura del Decanato de Agronomía Tarabana. 38p.

Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundial prensa, Madrid-Barcelona-México, pp. 857 -863.

Valles R., G.J., J.G. Lugo, Z.F. Rodríguez
L.T. Díaz T. 2009. Efecto del
sustrato a distancia de siembra
entre plantas sobre el crecimiento
de plantas de pimentón (*Capsicum*

annuum L.) en un sistema
hidropónico sin cobertura. Rev.
Fac. Agron. (LUZ) 26(2):159-178.