

Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental*

Yield and quality of habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq.) by effect of nutritional regimen

José Daniel López-Gómez¹, Oscar Gabriel Villegas-Torres^{1§}, Héctor Sotelo Nava¹, María Andrade Rodríguez¹, Porfirio Juárez López¹ y Edgar Martínez Fernández¹

¹Universidad Autónoma del estado de Morelos- Facultad de Ciencias Agropecuarias y Centro de Investigaciones Biológicas. Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. (dago_691@hotmail.com; voscar66@yahoo.com.mx; hector.sotelo@uaem.mx; maria.andrade@uaem.mx; porfiriojlopez@yahoo.com; edgar@uaem.mx). [§]Autor para correspondencia: voscar66@yahoo.com.mx.

Resumen

Con la finalidad de evaluar el efecto de diez regímenes nutrimentales en chile habanero cultivado en un sistema hidropónico bajo cubierta plástica, en 2015 se realizó un estudio de abril a septiembre en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del estado de Morelos. Los tratamientos consistieron en tres concentraciones de nitrato en la etapa vegetativa (10, 12 y 14 me L⁻¹), combinadas cada una con tres relaciones de nitrato:fosfato:sulfato en la etapa de floración (14:1.25:4.75, 12:1:7 y 14:1.25:4.75 me L⁻¹) y con tres relaciones nitrato/potasio en la etapa de fructificación (14:5, 14:5 y 12:7 me L⁻¹). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con diez repeticiones cada uno. El suministro de las soluciones nutritivas fue mediante riego por goteo, con caudal de 8 L h⁻¹. Se aplicaron 8 riegos diarios, con un tiempo de 1 min riego⁻¹ al inicio del desarrollo del cultivo y hasta 4 min riego⁻¹ en la etapa de fructificación. La unidad experimental fue un contenedor de polietileno negro con capacidad para 15.14 L, con grava de tezontle rojo como sustrato y una planta. Los resultados indicaron que por efecto del régimen nutrimental de 14 me

Abstract

With the purpose of evaluating the effect of ten nutritional regimes in habanero chili cultivated in a hydroponic system under plastic cover, in 2015 a study was carried out from April to September in the experimental field of the Faculty of Agricultural Sciences of the Autonomous University of the State of Morelos. The treatments consisted of three nitrate concentrations in the vegetative stage (10, 12 and 14 me L⁻¹), each with three nitrate:phosphate:sulfate ratios in the flowering stage (14:1.25:4.75, 12:1:7 and 14:1.25:4.75 me L⁻¹) and with three nitrate/potassium ratios in the fruiting stage (14:5, 14:5 and 12:7 me L⁻¹). The treatments were distributed in a completely randomized design with ten replicates each. The supply of the nutritive solutions was by drip irrigation, with a flow rate of 8 L h⁻¹. Eight irrigations were applied daily, with a time of 1 min irrigation⁻¹ at the beginning of the crop development and up to 4 min irrigation⁻¹ at the fruiting stage. The experimental unit was a black polyethylene container with a capacity of 15.14 L, with red tezontle gravel as a substrate and a plant. The results indicated that, due to the nutritive regime of 14 m L⁻¹ of NO₃⁻ (vegetative stage), 14: 1.25:4.75 m L⁻¹ of

* Recibido: septiembre de 2017
Aceptado: octubre de 2017

L^{-1} de NO_3^- (etapa vegetativa), 14:1.25:4.75 me L^{-1} de NO_3^- : $H_2PO_4^-$: SO_4^{2-} (etapa de floración) y 14:5 me L^{-1} de NO_3^- : K^+ (etapa de fructificación), hubo un incremento en el número de flores/planta, número de frutos/planta y rendimiento, el cual fue de 1054 g planta $^{-1}$ en seis cortes de fruto, 33% superior al rendimiento obtenido de las plantas que se nutren con solución Steiner durante todo el ciclo de cultivo, mientras que la acumulación de materia seca también fue superior 20.3%.

Palabra clave: etapa vegetativa, fenología, floración, fructificación, solución nutritiva.

Introducción

El chile habanero tiene gran importancia económica por ser uno de los vegetales que en la actualidad es demandado en el mercado nacional e internacional no sólo como alimento, sino también por ser una fuente excelente de colorantes naturales y compuestos fitoquímicos benéficos para la salud tales como los capsaicinoides (Navarro *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2009; Chan *et al.*, 2011). Esta propiedad del fruto ha sido clave para su producción, ya que los capsaicinoides pueden ser ampliamente utilizados en la medicina, cosméticos, pinturas, gas lacrimógeno, entre otros (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Se cultiva generalmente por el sistema tradicional en campo a cielo abierto; sin embargo, con este sistema el cultivo es afectado de forma negativa por diversos factores ambientales, capaces de reducir la calidad del producto, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo (Lugo-Jiménez *et al.*, 2010). Además, las características propias del chile habanero como el sabor, aroma, pungencia, color y vida de anaquel, dependen de las condiciones del clima, suelo y ubicación de la región (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

Algunas recomendaciones generadas sobre los requerimientos nutrimentales de *Capsicum chinense*, sobre todo cuando el cultivo se establece a cielo abierto, señalan el uso de dosis de fertilización para obtener los mejores rendimientos (Noh-Medina *et al.*, 2010). Sin embargo, los resultados de la fertilización en campo no son del todo satisfactorios ya que esto depende del tipo de suelo y sus características (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

Tucuch-Haas *et al.* (2012), señalan que con la relación 0% NH_4^+ :100% NO_3^- considerando la solución nutritiva universal (Steiner, 1984), se obtienen plantas de mayor

NO_3^- : $H_2PO_4^-$: SO_4^{2-} (flowering stage) and 14:5 me L^{-1} de NO_3^- : K^+ (fruiting stage), there was an increase in the number of flowers/plant, number of fruits/plant and yield, which was 1054 g plant $^{-1}$ in six fruit sections, 33% higher than the yield obtained from the plants they are fed with Steiner solution during the whole crop cycle, while the accumulation of dry matter was also higher by 20.3%.

Keyword: flowering, fructification, phenology, nutrient solution, vegetative stage.

Introduction

Habanero chili has great economic importance because it is one of the vegetables that is currently demanded in the national and international market not only as food, but also because it is an excellent source of natural dyes and beneficial phytochemical compounds for health such as capsaicinoids (Navarro *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2009; Chan *et al.*, 2011). This property of the fruit has been key to its production, since capsaicinoids can be widely used in medicine, cosmetics, paints, tear gas, among others (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 2008).

It is generally cultivated by the traditional open field system; however, with this system the crop is negatively affected by various environmental factors, which can reduce the product quality, yield and yield of the crop (Lugo-Jimenez *et al.*, 2010). In addition, the characteristics of habanero chili, such as flavor, aroma, pungence, color and shelf life, depend on climatic conditions, soil and location (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

Some recommendations generated on the nutritional requirements of *Capsicum chinense*, especially when the crop is established in the open, indicate the use of fertilization doses to obtain the best yields (Noh-Medina *et al.*, 2010). However, the results of field fertilization are not entirely satisfactory since this depends on the type of soil and its characteristics (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

Tucuch-Haas *et al.* (2012), indicate that with the 0% NH_4^+ :100% NO_3^- ratio, considering the universal nutrient solution (Steiner, 1984), plants of higher height and larger stem diameter are obtained until during the growing cycle, with 20% NH_4^+ :80% NO_3^- yield and fruit quality increase; however, the supply of N in the form of NH_4^+ in increasing proportions negatively affects the content of capsaicin in

altura y de mayor diámetro de tallo hasta durante del ciclo de cultivo, mientras que con 20% NH_4^+ :80% NO_3^- se incrementa el rendimiento y calidad de frutos; sin embargo, el suministro de N en forma de NH_4^+ en proporciones crecientes afecta de forma negativa el contenido de capsaicina en los frutos, la cual tiende a disminuir en cosechas subsecuentes. Por su parte, Armenta-Bojórquez *et al.* (2001) indican que en el cultivo de tomate, para evitar excesos de algunos nutrimentos en las plantas que afecten su desarrollo, la concentración estos en la solución nutritiva deben ser de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, logrando además disminuir los costos de fertilización.

A pesar de la importancia del chile habanero, pocas investigaciones se han realizado en condiciones de cultivo que puedan afectar su productividad y la calidad del fruto. Tal es el caso de la nutrición mineral, que para *Capsicum annum* se conoce ampliamente, pero no así para *Capsicum chinense* (Medina-Lara *et al.*, 2008). Con base en lo anterior, es importante evaluar el suministro de nutrimentos en el cultivo de chile habanero de acuerdo con la etapa fenológica.

El objetivo de la investigación fue determinar el régimen nutrimental que permita optimizar el desarrollo de la planta, el rendimiento y la calidad del fruto de chile habanero cultivado bajo cubierta plástica en un sistema hidropónico.

Materiales y métodos

Ubicación de los experimentos

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (18° 58' 51" latitud norte, 99° 13' 57" longitud oeste, 1 868 msnm) en la Universidad Autónoma del estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, durante los meses de abril-septiembre de 2015.

Material vegetal

Para la producción de plántulas se sembraron semillas de chile habanero 'Jaguar' en charolas de polietileno. Esta variedad presenta plantas con altura de 80-90 cm en campo abierto y hasta 1.8 m en sistemas de agricultura protegida con tutoreo. De 70 a 85 días a floración y de 115 a 120 días a la primera cosecha. Tiene de una a tres flores por nudo, las cuales pueden dar la misma cantidad de frutos. Presenta

the fruits, which tends to decrease in subsequent crops. On the other hand, Armenta-Bojórquez *et al.* (2001) indicate that in tomato cultivation, in order to avoid excesses of some nutrients in the plants that affect their development, the concentration of these in the nutrient solution must be in accordance with the phenological stage of the crop, also managing to decrease fertilization costs .

Despite the importance of habanero chili, little research has been carried out under cultivation conditions that may affect its productivity and fruit quality. This is the case of mineral nutrition, which for *Capsicum annum* is widely known, but not for *Capsicum chinense* (Medina-Lara *et al.*, 2008). Based on the above, it is important to evaluate the nutrient supply in the habanero chili crop according to the phenological stage.

The objective of the research was to determine the nutritional regime that allows to optimize the development of the plant, the yield and quality of the habanero chili fruit grown under plastic cover in a hydroponic system.

Materials and methods

Location of the experiments

The experiment was carried out in a greenhouse of the experimental field of the Faculty of Agricultural Sciences (18° 58' 51" north latitude, 99° 13' 57" west longitude, 1 868 meters above sea level) at the Autonomous University of the state of Morelos, Cuernavaca, Morelos, Mexico, during the months of April-September 2015.

Vegetal material

For the production of seedlings seeds of habanero 'Jaguar' chili were planted on polyethylene trays. This variety presents plants with height of 80-90 cm in open field and up to 1.8 m in systems of protected agriculture with tutoreo. From 70 to 85 days to flowering and from 115 to 120 days to the first harvest. It has one to three flowers per knot, which can give the same amount of fruit. It presents uniform fruits of emerald green color in physiological maturity that happen to intense orange in the total maturity, reaching a hue value (Hue) of 54. The fruits have a length of 3.8 to 5.5 cm, diameter of 2.5 to 3.0 cm and of 6.5 to 10 g of weight, with yields ranging from 18.3 to 36 t ha⁻¹ (Ramírez *et al.*, 2012).

frutos uniformes de color verde esmeralda en madurez fisiológica que pasan a anaranjado intenso en la madurez total, alcanzando un valor de matiz (Hue) de 54. Los frutos tienen una longitud de 3.8 a 5.5 cm, diámetro de 2.5 a 3 cm y de 6.5 a 10 g de peso, con rendimientos que oscilan de 18.3 hasta 36 t ha⁻¹ (Ramírez *et al.*, 2012).

Manejo del experimento

Se elaboraron 10 regímenes nutrimentales para el chile habanero (Cuadro 1). Éstos consistieron en modificar las concentraciones de nitrato (NO₃⁻) en la etapa vegetativa, la cual comprendió desde el trasplante hasta que 50% de las plantas presentaron la primera flor. Posteriormente se modificaron las relaciones nitrato:fosfato: sulfato (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) en la etapa de floración, que abarcó desde que 50% de las plantas presentó la primera flor hasta que 50% de las plantas tuvieron el primer fruto con una longitud de 10 ± 1 mm.

Finalmente, en la etapa de fructificación se modificó la relación nitrato:potasio (NO₃⁻:K⁺), ésta comprendió desde que los primeros frutos tuvieron 10 ± 1 mm de longitud hasta el término de la cosecha. Estas modificaciones se hicieron manteniendo las relaciones mutuas entre aniones y entre cationes como lo señala Steiner (1984) con la relación 12:1:7:7:9:4 of NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻:K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺ respectivamente. Además, cada régimen se formuló con los micronutrientes Fe (Fe-EDTA), B (H₃BO₃), Mn (MnCl₂), Zn (ZnSO₄), Cu (CuSO₄) and Mo (H₂MoO₄) en concentraciones de 5, 2.88, 1.81, 0.22, 0.18, 0.02 mg L⁻¹ respectivamente.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento y se aplicó la solución Steiner al 100% en todo el ciclo de cultivo como tratamiento testigo. La unidad experimental fue una bolsa de polietileno color negro de 25.5 cm de diámetro por 30 cm de altura con capacidad para 15.14 L, llena de tezontle rojo en granulometría ≤ 1 cm de diámetro, considerado un sustrato inerte desde el punto de vista químico (Ojodeagua *et al.*, 2008).

En cada bolsa se colocó una plántula de chile habanero, tomando como parámetro para el trasplante cuando éstas tuvieron el cepellón bien desarrollado y con diez hojas verdaderas, la décima con 5 ± 1 mm de longitud. Los riegos se realizaron mediante un sistema de riego por goteo (con gotero autocompensable marca Netafim y caudal de 8 L por hora), programando con un temporizador ocho riegos

Management of the experiment

Ten nutritional regimes were developed for habanero chili (Table 1). These consisted in modifying the nitrate (NO₃⁻) concentrations in the vegetative stage, which comprised from the transplant until 50% of the plants presented the first flower. Subsequently, the nitrate:phosphate:sulfate (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) ratios were modified in the flowering stage, since 50% of the plants presented the first flower until 50% of the plants had the first fruit with a length of 10 ± 1 mm.

Cuadro 1. Regímenes nutrimentales evaluados en plantas de chile habanero.

Table 1. Nutritional regimes evaluated in habanero chili plants.

Régimen nutrimental	E. vegetativa	E. reproductiva	E. de fructificación
	NO ₃ ⁻ (me L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻ (me L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ :K ⁺ (me L ⁻¹)
1	10	14:1.25:4.75	14:5
2	10	12:1:7	14:5
3	10	14:1.25:4.75	12:7
4	12	14:1.25:4.75	14:5
5	12	12:1:7	14:5
6	12	14:1.25:4.75	12:7
7	14	14:1.25:4.75	14:5
8	14	12:1:7	14:5
9	14	14:1.25:4.75	12:7
10*	12	12:1:7	12:7

Diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones. * = tratamiento testigo.

Finally, in the fruiting stage the nitrate: potassium (NO₃⁻:K⁺) ratio was modified, since the first fruits were 10 ± 1 mm in length until the end of the harvest. These modifications were made by maintaining the mutual relations between anions and between cations as indicated by Steiner (1984) with the ratio 12:1:7:7:9:4 of NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻:K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺ respectively. In addition, each regimen was formulated with the Fe (Fe-EDTA), B (H₃BO₃), Mn (MnCl₂), Zn (ZnSO₄), Cu (CuSO₄) and Mo (H₂MoO₄) micronutrients in concentrations of 5, 2.88, 1.81, 0.22, 0.18, 0.02 mg L⁻¹ respectively.

A completely randomized experimental design with 10 replicates per treatment was used and the 100% Steiner solution was applied throughout the growing cycle as

diarios, con una duración de 1 min cada riego los primeros días después del trasplante y aumentando el tiempo de riego conforme la planta requirió durante su crecimiento (llegando hasta 4 mi por cada riego en la etapa de fructificación).

Para prevenir el ataque de plagas y enfermedades se utilizaron productos químicos. Se aplicó Confidor® (ia. Imidacloprid) a una dosis de 2 mL L⁻¹ para prevenir la aparición de posibles plagas como mosca blanca o trips (*Bemisia* sp., *Trialeurodes* sp., *Frankliniella* spp., *Liryomisa* sp.) y Promyl® (ia. Benomilo) 2 g L⁻¹, para prevenir de enfermedades como cenicilla (*Oidium* spp.), antracnosis (*Colletotrichum phomoides*), mancha de la hoja (*Septoria lycopersici*) o pudriciones (*Botrytis cinerea*).

Variables de respuesta

Se midió la altura de la planta con una cinta métrica, desde la base del tallo hasta el ápice del tallo más largo; el diámetro del tallo se midió con un vernier de caratula tipo reloj y se obtuvo de la base del tallo principal, a 2 cm por encima del sustrato, el contenido de clorofila se midió con un SPAD-502 (Konica Minolta) considerando la quinta hoja después del ápice de cada tallo; el área foliar se determinó con un integrador de área foliar (LI-COR, LI3100C). La resistencia mecánica del tallo se obtuvo con un texturómetro Shimadzu Ez Test, tomando como punto para la medición el primer entrenudo de cada tallo secundario, y una penetración de 3 mm con un puntal cónico, el peso de materia fresca y seca de hoja, tallo y raíz se obtuvo con una báscula digital ADAM Core CQT5000.

Para obtener el peso de materia seca de los diferentes órganos de la planta (tallo, hoja y raíz) se metieron en bolsas de papel estraza y se secaron en una estufa de circulación forzada de aire a una temperatura de 65 °C hasta que el peso de la materia seca se mantuvo estable. Para contabilizar el número de flores por planta, se tomó como parámetro para todas las plantas, las primeras cuatro bifurcaciones de cada tallo secundario y de ahí mismo se obtuvo el porcentaje de aborto floral.

El volumen de raíz fresco se midió con una probeta graduada de 2 L y aforando a 1 L, para lo cual se introdujo la raíz al agua y la diferencia de volúmenes fue la correspondiente al órgano involucrado. Las primeras tres variables se analizaron durante el desarrollo del cultivo, las variables sobre la calidad del fruto se analizaron después de cada corte de fruto y las variables destructivas se analizaron a los 170 días después del trasplante (DDT).

a control treatment. The experimental unit was a black polyethylene bag 25.5 cm in diameter by 30 cm in height with a capacity of 15.14 L, filled with red tezontle in granulometry ≤ 1 cm in diameter, considered a chemical inert substrate (Ojodeagua *et al.*, 2008).

In each bag was placed a seedling of habanero chili, taking as a parameter for the transplant when they had the well developed root and with ten true leaves, the tenth with 5 ± 1 mm in length. The irrigations were performed using a drip irrigation system (with a Netafim self-compensating dropper and flow rate of 8 L per hour), with a timer of eight irrigations per day, with a duration of 1 min each irrigation the first days after transplantation and increasing the irrigation time as the plant required during its growth (reaching up to 4 min for each irrigation in the fruiting stage).

Chemicals were used to prevent the attack of pests and diseases. Confidor® (ia. Imidacloprid) was applied at a dose of 2 mL L⁻¹ to prevent the occurrence of possible pests such as whitefly or thrips (*Bemisia* sp., *Trialeurodes* sp., *Frankliniella* spp., *Liryomisa* sp.) and Promyl® (ia. Benomilo) 2 g L⁻¹, to prevent diseases such as cenicilla (*Oidium* spp.), anthracnose (*Colletotrichum phomoides*), leaf spot (*Septoria lycopersici*) or decay (*Botrytis cinerea*).

Response variables

The height of the plant was measured with a tape measure, from the base of the stem to the apex of the longest stem; the diameter of the stem was measured with a watch-type vernier and obtained from the base of the main stem, 2 cm above the substrate, the chlorophyll content was measured with an SPAD-502 (Konica Minolta) considering the fifth leaf after the apex of each stem; the leaf area was determined with a leaf area integrator (LI-COR, LI3100C). The mechanical strength of the stem was obtained with a Shimadzu Ez Test texturometer, taking as a point of measurement the first internode of each secondary stem and a penetration of 3 mm with a conical strut, the weight of fresh and dry matter of leaf, stem and root was obtained with an ADAM Core digital scale CQT5000.

To obtain the dry matter weight, the different plant organs (stem, leaf and root) were placed in brown paper bags and dried in a forced circulation oven at 65 °C until the dry matter weight remained stable. In order to count the number of flowers per plant, the first four branches of each secondary stem were taken as the parameter for all plants, and from that point the percentage of floral abortion was obtained.

Los frutos se empezaron a cosechar a los 133 DDT cuando presentaron el color anaranjado intenso, realizando un corte por semana hasta un lapso de seis semanas. Una vez cosechados, los frutos de cada planta se contaron y se pesaron en una báscula digital ADAM Core CQT5000. El peso total se dividió entre el número de frutos de cada planta y se obtuvo el peso promedio por fruto. La longitud del fruto se midió desde el pedúnculo hasta el ápice del fruto con un vernier de caratula tipo reloj al igual que el diámetro en la parte media del fruto. El color del fruto se obtuvo con un espectrofotómetro portátil X-Rite SP-60. Mientras que el rendimiento por planta se obtuvo con la suma de lo cosechado durante el lapso de seis semanas.

Análisis estadístico

A los datos obtenidos se le realizó un análisis de varianza con el programa SAS (Versión 9.0) y a los datos con diferencia estadística se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

En la mayoría de las variables evaluadas, los resultados indicaron que por lo menos un tratamiento fue estadísticamente distinto al resto de los tratamientos cuando las plantas se nutrieron con base a su etapa fenológica, comparadas con las que se regaron con la misma solución nutritiva (solución Steiner) durante todo el ciclo de cultivo.

Se trató de dar mayor entendimiento a la simbología de los tratamientos

Por efecto del régimen nutricional 14 (NO_3^-), 12:1:7 ($\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$) y 14:5 ($\text{NO}_3^-:\text{K}^+$) me L^{-1} en las etapas vegetativa, reproductiva y de fructificación respectivamente, la altura de las plantas fue de 122.8 cm a los 169 DDT (Cuadro 2). También por efecto del mismo régimen, hubo diferencias significativas en el diámetro del tallo principal, así como en el área foliar, donde también el régimen de 14 (NO_3^-), 14:1.25:4.75 ($\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$) y 14:5 ($\text{NO}_3^-:\text{K}^+$) me L^{-1} , provocó un aumento del área foliar comparado con el resto de los tratamientos, logrando además el mayor número de flores por planta (57 flores/planta) hasta la cuarta bifurcación de cada tallo secundario.

The volume of fresh root was measured with a graduated 2 L specimen and amounting to 1 L, for which the root was introduced into the water and the volume difference was that corresponding to the involved organ. The first three variables were analyzed during the development of the crop, the variables on fruit quality were analyzed after each fruit cut and the destructive variables were analyzed at 170 days after transplant (DDT).

The fruits were harvested at 133 DDT when they showed intense orange color, making a cut per week for a period of six weeks. Once harvested, the fruits of each plant were counted and weighed on an ADAM Core CQT5000 digital scale. The total weight was divided between the number of fruits of each plant and the average weight per fruit was obtained. The length of the fruit was measured from the peduncle to the apex of the fruit with a watch type vernier as well as the diameter in the middle part of the fruit. The color of the fruit was obtained with a portable spectrophotometer X-Rite SP-60. While yield per plant was obtained with the sum of harvested during the six-week period.

Statistic analysis

A variance analysis was performed with the SAS program (Version 9.0) and the Tukey test ($p \leq 0.05$) was used for statistical data.

Results and discussion

In the majority of the evaluated variables, the results indicated that at least one treatment was statistically different from the rest of the treatments when the plants were fed on their phenological stage, compared with those that were irrigated with the same nutrient (solution Steiner) throughout the growing cycle.

It was tried to give greater understanding to the symbology of the treatments

As a result of the nutritional regime 14 (NO_3^-), 12:1:7 ($\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$) and 14:5 ($\text{NO}_3^-:\text{K}^+$) me L^{-1} in the vegetative, reproductive and fruiting stages respectively, plant height was 122.8 cm at 169 DDT (Table 2). Also due to the effect of the same regime, there were significant

Sin embargo, con estos regímenes se obtuvieron porcentajes más altos en aborto de flor, llegando hasta 54.5% (Cuadro 2). Ramírez-Luna *et al.* (2005) señalan que en chile habanero existe 40% de aborto de flor, el cual puede disminuir con la aplicación de reguladores de crecimiento como las giberelinas, que bajo condiciones ambientales específicas de luz y temperatura inducen la formación de flores.

differences in the diameter of the main stem, as well as in the leaf area, where also the regime of 14 (NO₃⁻), 14:1.25:4.75 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) and 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹, caused an increase in leaf area compared to the rest of the treatments, achieving the highest number of flowers per plant (57 flowers/plant) to the fourth bifurcation of each stem secondary.

Cuadro 2. Características morfológicas, resistencia del tallo al daño mecánico, concentración de clorofila y aborto de flor en respuesta a los diferentes regímenes nutricionales del chile habanero.

Table 2. Morphological characteristics, stem resistance to mechanical damage, chlorophyll concentration and flower abortion in response to the different nutritional regimes of habanero chili.

Régimen nutricional (me L ⁻¹)			AP (cm)	DTP (mm)	AF (cm ²)	RMT (N)	CRC (SPAD)	NFP	ADF (%)
NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺							
10	14:1.25:4.75	14:5	115.2 ab	18.3 c	10577 b	77.3 a	71.1 c	44.2 ac	35.9 bd
10	12:1:7	14:5	110.2 ab	19.8 ac	12861 ab	75.7 a	71.7 c	43.2 bc	19.7 d
10	14:1.25:4.75	12:7	102.4 b	19.6 bc	11630 ab	77.2 a	73.3 bc	41.8 bc	48.8 ab
12	14:1.25:4.75	14:5	105.8 b	19.3 bc	14100 ab	78.6 a	73.3 bc	54.8 ab	21.1 cd
12	12:1:7	14:5	111.6 ab	19.1 bc	13701 ab	73.6 a	72.3 bc	47 a-c	31.7 bd
12	14:1.25:4.75	12:7	115.8 ab	18.9 c	15666 ab	73.5 a	73.4 bc	37.4 c	22.2 cd
14	14:1.25:4.75	14:5	115.4 ab	20.9 ab	18277 a	74.6 a	75.6 ab	57 a	47.6 ab
14	12:1:7	14:5	122.8 a	21.5 a	18794 a	75.4 a	70.7 c	49.6 ac	54.5 a
14	14:1.25:4.75	12:7	106.2 b	19.6 bc	10546 b	76.3 a	75.5 ab	43.2 bc	31.8 bd
12	12:1:7	12:7*	106.8 b	19.6 bc	12396 ab	74.8 a	78.4 a	43.8 ac	37.2 bc
CV (%)			6	4.43	18.47	3.21	2.34	6.75	23.26

AP= altura de planta; DTP= diámetro de tallo principal; AF= área foliar; RMT= resistencia mecánica del tallo; CRC= contenido relativo de clorofila; NFP= número de flores por planta; ADF= aborto de flor; * = solución Steiner como tratamiento testigo; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma literal son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Por su parte Medina-Lara *et al.* (2008), reportan hasta 85% de aborto de flor en chile habanero, atribuyendo ésta pérdida a deficiencias de nitrógeno. Sin embargo, Cruz *et al.* (2012) señalan que las temperaturas altas provocan trastornos fisiológicos en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) ocasionando un elevado aborto de flores. De igual forma, Jaimez *et al.* (2010) reportan el mismo efecto en pimentón (*Capsicum annuum*) pero argumentan que el fenómeno se debe a una afectación del proceso de germinación del polen y del tubo polínico, además de que este proceso también puede ser diferente entre cultivares.

En el volumen de la raíz también se encontraron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 3), sobresaliendo el régimen 14 (NO₃⁻), 14:1.25:4.75 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹, con un volumen 20 % mayor que el volumen de raíz producido por la solución Steiner. Además, el peso total de materia seca resultó mayor

However, with these regimens, the highest percentages were obtained in flower abortion, reaching 54.5% (Table 2). Ramírez-Luna *et al.* (2005) indicate that in chili habanero there is 40% of flower abortion, which can decrease with the application of growth regulators such as gibberellins, which under specific environmental conditions of light and temperature induce the formation of flowers.

For its part Medina-Lara *et al.* (2008), report up to 85% of flower abortion in habanero chili, attributing this loss to nitrogen deficiencies. However, Cruz *et al.* (2012) indicate that high temperatures cause physiological disturbances in plants of habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq.) Causing a high flower abortion. Similarly, Jaimez *et al.* (2010) report the same effect on paprika (*Capsicum annuum*) but argue that the phenomenon is due to an effect of the pollen and pollen germination process, besides that this process may also be different among cultivars.

cuando las plantas se nutrieron con éste mismo régimen. Del peso total de materia seca por planta, 29% correspondió a las hojas, 53% al tallo y 18% a la raíz (Cuadro 3).

De acuerdo con Peil y Gálvez (2005), las condiciones de cultivo con substratos artificiales en invernadero, con aporte de agua y nutrientes óptimos, se logra un crecimiento máximo de las plantas con un sistema radical reducido.

In the root volume, statistical differences between the different treatments were also found (Table 3), with 14 (NO_3^-), 14:1.25:4.75 ($\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$) and 14:5 ($\text{NO}_3^-:\text{K}^+$) me L^{-1} , with a volume 20% greater than the root volume produced by the Steiner solution. In addition, the total weight of dry matter was higher when the plants were fed at the same rate. Of the total weight of dry matter per plant, 29% corresponded to the leaves, 53% to the stem and 18% to the root (Table 3).

Cuadro 3. Volumen de raíz y peso de materia seca de los órganos de la planta por efecto de distintos regímenes nutrimentales.
Table 3. Volume of root and weight of dry matter of the organs of the plant by effect of different nutritional regimes.

Régimen nutrimental (me L^{-1})			VR (cm^3)	PMSH (g)	PMST (g)	PMSR (g)	PMS total (g)
NO_3^-	$\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-:\text{K}^+$					
10	14:1.25:4.75	14:5	356.6 ab	77.5 b	178.9 ab	62.7 ab	319.13 ab
10	12:1:7	14:5	323.3 ab	97.6 ab	204.3 ab	62.8 ab	364.7 ab
10	14:1.25:4.75	12:7	293.3 b	90.8 ab	196.57 ab	57.6 ab	344.97 ab
12	14:1.25:4.75	14:5	306.6 ab	106.5 ab	146.1 b	57.8 ab	310.43 ab
12	12:1:7	14:5	330 ab	102.4 ab	180.8 ab	60.7 ab	343.97 ab
12	14:1.25:4.75	12:7	300 ab	110.3 ab	201.1 ab	62.6 ab	374.07 ab
14	14:1.25:4.75	14:5	383.3 a	119.6 a	217.7 a	73.7 a	411.03 a
14	12:1:7	14:5	366.6 ab	118.3 a	213 ab	70 a	401.3 a
14	14:1.25:4.75	12:7	283.3 b	83.5 ab	153.9 ab	52.3 b	289.7 b
12	12:1:7	12:7*	306.6 ab	96.8 ab	169.5 ab	61 ab	327.37 ab
CV (%)			9	12.68	13.11	9.42	10.52

AP= altura de planta; DTP= diámetro de tallo principal; AF= área foliar; RMT= resistencia mecánica del tallo; CRC= contenido relativo de clorofila; NFP= número de flores por planta; ADF= aborto de flor; * = solución Steiner como tratamiento testigo; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma literal son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

En el caso del pepino, esta fracción varía entre 8% y 15%, en la etapa de crecimiento vegetativa y entre 3% y 7% durante la etapa reproductiva. En el caso del tomate, la fracción de materia seca destinada a las raíces varía entre 17% y 20% en etapa vegetativa y entre 1% y 10% en el estadio reproductivo. Por su parte Peña y Zenner (2015), señalan que altos porcentajes de materia seca de la parte aérea de las plantas de *Capsicum annuum* indican mayor número de hojas, fuente y producción de fotoasimilados para el llenado de los órganos exigentes.

Hubo un incremento en la cantidad de frutos por planta (Figura 1) así como en el rendimiento (Figura 2) por efecto del régimen nutrimental donde el nitrógeno en las tres etapas fenológicas y el fósforo en la etapa de floración fueron superiores a la solución Steiner. Con el régimen 14 (NO_3^-), 14:1.25:4.75 ($\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$) y 14:5 ($\text{NO}_3^-:\text{K}^+$) me L^{-1} en las etapas vegetativa, floración y fructificación respectivamente, se obtuvo 15.5% más frutos que con

According to Peil and Gálvez (2005), the conditions of cultivation with artificial substrates in the greenhouse, with optimal water and nutrients contribution, achieve a maximum growth of the plants with a reduced radical system.

In the case of cucumber, this fraction varies between 8% and 15%, in the stage of vegetative growth and between 3% and 7% during the reproductive stage. In the case of tomato, the dry matter fraction for the roots varies between 17% and 20% in the vegetative stage and between 1% and 10% in the reproductive stage. For their part Peña and Zenner (2015), indicate that high dry matter percentages of the aerial part of the plants of *Capsicum annuum* indicate a greater number of leaves, source and production of photo-assimilates for the filling of the demanding organs.

There was an increase in the number of fruits per plant (Figure 1) as well as in yield (Figure 2) as a result of the nutritional regime where nitrogen in the three phenological

solución Steiner en todo el ciclo de cultivo. Mientras que el mayor rendimiento fue de 1 054 g planta⁻¹, 66.4% superior al rendimiento obtenido con solución Steiner.

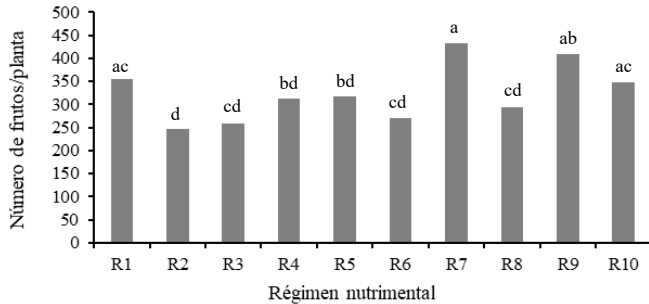


Figura 1. Cantidad de frutos por planta acumulado en seis cortes de chile habanero. NO₃⁻, 10 me L⁻¹ en R1, R2 y R3, 12 me L⁻¹ en R4, R5, R6 y R10, 14 me L⁻¹ en R7, R8 y R9; más NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻, 14:1.25:4.75 me L⁻¹ en R1, R3, R4, R6, R7 y R9, 12:1:7 me L⁻¹ en R2, R5, R8 y R10; más NO₃⁻:K⁺, 14:5 me L⁻¹ en R1, R2, R4, R5, R7 y R8, 12:7 me L⁻¹ en R3, R6, R9 y R10. Medias con la misma literal son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Figure 1. Number of fruits per plant accumulated in six cuts of habanero chili. NO₃⁻, 10 me L⁻¹ on R1, R2 y R3, 12 me L⁻¹ on R4, R5, R6 y R10, 14 me L⁻¹ on R7, R8 and R9; plus NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻, 14:1.25:4.75 me L⁻¹ en R1, R3, R4, R6, R7 and R9, 12:1:7 me L⁻¹ on R2, R5, R8 y R10; plus NO₃⁻:K⁺, 14:5 me L⁻¹ on R1, R2, R4, R5, R7 and R8, 12:7 me L⁻¹ on R3, R6, R9 y R10. Means with the same literal are statistically the same according to Tukey's test ($p \leq 0.05$).

Por su parte, Khan *et al.* (2010), probaron una nutrición con tres concentraciones de fósforo, cuatro de nitrógeno y la interacción de estos dos elementos sobre la cantidad de frutos por planta en *Capsicum annum* y encontraron que por efecto del mayor nivel de fosforo, al igual que con el mayor nivel de nitrógeno, se incrementó el número de frutos por planta. De igual forma Nieves-González *et al.* (2015) señalan que cuando la concentración de fosfato (1 me L⁻¹) en la solución Steiner se modifica a 1.5 me L⁻¹ se obtiene mayor producción de fruto de chile habanero var. "Big Brother".

Algo similar en cuanto al mayor aporte de nitrógeno y fósforo, lo reportan Borges-Gómez *et al.* (2010), quienes probaron tres fórmulas nutritivas en suelo de N-P₂O₅-K₂O (240-240-240, 120-120-120 y 000-000-000) junto con tres niveles de humedad edáfica (100, 75 y 50% de humedad aprovechable) y obtuvieron en 10 cortes de fruto

stages and phosphorus in the flowering stage were higher than the Steiner solution. With the regimen 14 (NO₃⁻), 14:1.25:4.75 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) and 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹ in the vegetative, flowering and fruiting stages respectively, 15.5% more fruits than with Steiner solution throughout the growing cycle. While the highest yield was 1 054 g plant⁻¹, 66.4% higher than the yield obtained with Steiner solution.

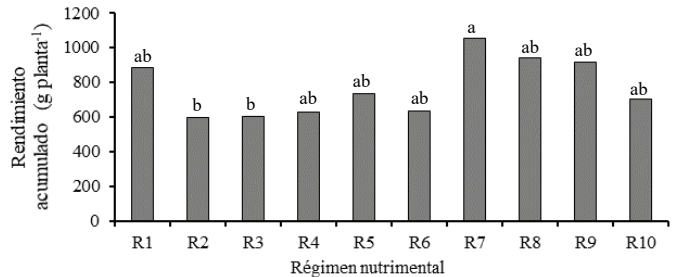


Figura 2. Rendimiento acumulado en seis semanas de corte de chile habanero. NO₃⁻, 10 me L⁻¹ en R1, R2 y R3, 12 me L⁻¹ en R4, R5, R6 y R10, 14 me L⁻¹ en R7, R8 y R9; más NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻, 14:1.25:4.75 me L⁻¹ en R1, R3, R4, R6, R7 y R9, 12:1:7 me L⁻¹ en R2, R5, R8 y R10; más NO₃⁻:K⁺, 14:5 me L⁻¹ en R1, R2, R4, R5, R7 y R8, 12:7 me L⁻¹ en R3, R6, R9 y R10. Medias con la misma literal son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Figure 2. Yield accumulated in six weeks of habanero chili cut. NO₃⁻, 10 me L⁻¹ on R1, R2 y R3, 12 me L⁻¹ on R4, R5, R6 y R10, 14 me L⁻¹ on R7, R8 y R9; plus NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻, 14:1.25:4.75 me L⁻¹ on R1, R3, R4, R6, R7 y R9, 12:1:7 me L⁻¹ on R2, R5, R8 y R10; plus NO₃⁻:K⁺, 14:5 me L⁻¹ en R1, R2, R4, R5, R7 y R8, 12:7 me L⁻¹ en R3, R6, R9 y R10. Means with the same literal are statistically the same according to Tukey's test ($p \leq 0.05$).

On the other hand, Khan *et al.* (2010), tested a nutrition with three concentrations of phosphorus, four nitrogen and the interaction of these two elements on the amount of fruits per plant in *Capsicum annum* and found that because of the higher level of phosphorus, as with the greater nitrogen level, the number of fruits per plant was increased. Similarly, Nieves-González *et al.* (2015) indicate that when the concentration of phosphate (1 me L⁻¹) in the Steiner solution is modified to 1.5 me L⁻¹, greater production of chili habanero var. "Big Brother".

Something similar in terms of the greater contribution of nitrogen and phosphorus is reported by Borges-Gómez *et al.* (2010), who tested three nutrient formulas N-P₂O₅-K₂O (240-

(semanales), un rendimiento promedio de 1 391 g planta⁻¹ con la dosis más elevada de fertilizante y el mayor nivel de humedad. Por su parte Tucuch-Haas *et al.* (2012), reportan que suministrando la solución Steiner con una relación NH₄⁺:NO₃⁻ de 1:9 respectivamente, en tres cortes de fruto se obtiene un rendimiento de chile habanero cv. “Criollo Naranja” de 302 g planta⁻¹. Mientras que Nieves-González *et al.* (2015) señalan que con solución Steiner, modificando la concentración de H₂PO₄⁻ a 1.5 me L⁻¹ se logra un rendimiento de chile habanero var. “Big Brother” de 851.71 g planta⁻¹.

En el presente trabajo, la mejor respuesta en el tamaño y peso del fruto se obtuvo con el régimen 14 (NO₃⁻), 12:1:7 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹ (Cuadro 4), logrando en promedio, frutos de 3.48 cm de longitud, 2.29 cm de diámetro y un peso de 3.45 g fruto⁻¹. Por su parte Tucuch-Haas *et al.* (2012), indican que el tamaño del chile habanero cv. “Criollo Naranja” desarrollado bajo invernadero tiene en promedio 3.58 cm de longitud, 2.47 cm de diámetro y n peso de 5.51 g fruto⁻¹, producido en condiciones similares al presente estudio. Mientras que Tapia-Vargas *et al.* (2016) mencionan que el chile habanero negro producido bajo invernadero en un sistema hidropónico y con aplicación de un complejo hormonal (Formax-F[®]) el tamaño del fruto es de 2.92 cm longitud y 2.44 de diámetro. Sin embargo, de acuerdo con Ramírez *et al.* (2012), la longitud del fruto de chile habanero, variedad ‘Jaguar’ es de 3.8 a 5.5 cm, el diámetro de 2.5 a 3 cm y de 6.5 a 10 g fruto⁻¹; no obstante, no se señala si ese tamaño de fruto se obtiene bajo condiciones de invernadero.

240-240, 120-120-120 and 000-000-000) along with three levels of soil moisture (100, 75 and 50% of usable humidity) and yielded 10 fruit cuts (weekly), an average yield of 1 391 g plant⁻¹ with the highest fertilizer dose and the highest moisture level. On the other hand, Tucuch-Haas *et al.* (2012), report that supplying the Steiner solution with an NH₄⁺:NO₃⁻ ratio of 1:9 respectively, in three cuts of fruit, a yield of habanero cv. “Criollo Naranja” of 302 g plant⁻¹. While Nieves-González *et al.* (2015) indicate that with Steiner solution, by modifying the concentration of H₂PO₄⁻ at 1.5 me L⁻¹ a yield of chili habanero var. “Big Brother” 851.71 g plant⁻¹.

In the present study, the best response in fruit size and weight was obtained with the 14 (NO₃⁻), 12:1:7 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹ (Table 4), achieving on average fruits of 3.48 cm in length, 2.29 cm in diameter and a weight of 3.45 g fruit⁻¹. On the other hand, Tucuch-Haas *et al.* (2012), indicate that the size of the habanero chili cv. “Criollo Naranja” grown under greenhouse has an average of 3.58 cm in length, 2.47 cm in diameter and a weight of 5.51 g fruit⁻¹, produced in conditions similar to the present study. While Tapia-Vargas *et al.* (2016) mention that the black habanero chili produced under a greenhouse in a hydroponic system and with application of a hormonal complex (Formax-F[®]) the size of the fruit is 2.92 cm long and 2.44 in diameter. However, according to Ramírez *et al.* (2012), the length of the habanero chili fruit, ‘Jaguar’ variety is 3.8 to 5.5 cm, the diameter of 2.5 to 3 cm and 6.5 to 10 g fruit⁻¹, however, it is not indicated if that fruit size is obtained under greenhouse conditions.

Cuadro 4. Calidad del fruto de chile habanero en tamaño, peso y color, por efecto del régimen nutricional.

Table 4. Quality of the habanero chili fruit in size, weight and color, due to the effect of the nutritional regime.

Régimen nutricional (me L ⁻¹)			Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Color		
NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺				L*	C*	h*
10	14:1.25:4.75	14:5	2.52 cd	1.97 b	2.55 ab	52.9 a	54.7 a	52.5 a
10	12:1:7	14:5	2.79 bd	1.98 ab	2.4 ab	55.5 a	54.4 a	55.5 a
10	14:1.25:4.75	12:7	2.45 d	1.94 b	2.4 ab	52.7 a	53.9 a	52.1 a
12	14:1.25:4.75	14:5	2.41 d	1.93 b	2.15 b	53.9 a	54.8 a	53 a
12	12:1:7	14:5	2.72 bd	2.07 ab	2.32 b	53.8 a	53.6 a	52.9 a
12	14:1.25:4.75	12:7	2.88 bd	2.01 ab	2.47 ab	53.6 a	55.5 a	56.3 a
14	14:1.25:4.75	14:5	3.14 ab	2.02 ab	2.72 ab	53.4 a	53.6 a	53.9 a
14	12:1:7	14:5	3.48 a	2.29 a	3.45 a	54 a	52.9 a	54.6 a
14	14:1.25:4.75	12:7	3 ac	2.14 ab	2.62 ab	51.2 a	54.8 a	53.5 a
12	12:1:7	12:7	3.01 ac	2.06 ab	2.52 ab	52.2 a	54.9 a	50.9 a
CV (%)			7.28	7.19	14.5	2.88	2.83	3.91

L= luminosidad; C= cromaticidad; h= matiz; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma literal son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Por su parte Ramírez-Luna *et al.* (2005), mencionan que las plantas de chile habanero desarrolladas en invernadero tienen mayor número de flores y frutos, pero con fruto pequeño, en contraste con la producción en campo se obtienen frutos grandes; atribuyendo el menor tamaño de fruto, a la baja intensidad de luz en el invernadero, condición que favorece plantas más grandes, tallos delgados, pero de frutos pequeños. Sin embargo, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Aldana *et al.* (2007) afirman que el tamaño del fruto depende de la cantidad de granos de polen depositados en el estigma; es decir, a menor cantidad de polen se producen frutos pequeños, deformes o con pocas semillas. Esto tiene relación ya que el cultivo de chile habanero bajo cubierta plástica, a diferencia de las condiciones a cielo abierto, no recibe la misma polinización por viento o por insectos.

Conclusiones

El suministro de nutrimentos de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo si repercute en el desarrollo de las plantas, rendimiento y calidad de frutos de chile habanero “Jaguar” cultivado en un sistema hidropónico bajo cubierta plástica, en comparación con las plantas que son nutridas con solución Steiner durante todo el ciclo de cultivo.

Por efecto del régimen nutrimental de 14 (NO₃⁻), 14:1.25:4.75 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹ en las etapas vegetativa, de floración y fructificación respectivamente, se incrementa el número de flores y frutos por planta, así como la cantidad de materia seca por planta y el rendimiento de chile habanero “Jaguar”.

Los frutos de chile habanero “Jaguar” son de mayor tamaño por efecto del régimen 14 (NO₃⁻), 12:1:7 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹ en las etapas vegetativa, de floración y fructificación respectivamente, comparados con los frutos obtenidos con solución Steiner.

Literatura citada

Aldana, J.; Cure, J. R.; Almanza, M. T.; Vecil, D. y Rodríguez, D. 2007. Efecto de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 25:62-72.

On the other hand, Ramirez-Luna *et al.* (2005), mention that Habanero chili plants grown in greenhouses have a higher number of flowers and fruits, but with small fruit size, in contrast to field production, where larger fruits are obtained; attributing the smallest size of fruit, to the low intensity of light that is in the greenhouse, a condition that favors larger plants, stems thinner, but small fruits. However, in tomato cultivation (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Aldana *et al.* (2007) state that the size of the fruit depends directly on the amount of pollen grains deposited in the stigma, that is, with less pollen, produce smaller, deformed or low seed fruits. This is related since the cultivation of habanero chili under plastic cover, unlike open pit conditions, does not receive the same pollination by wind or by insects.

Conclusions

The nutrient supply according to the phenological stage of the crop affects the development of the plants, yield and quality of the fruits of habanero “Jaguar” cultivated in a hydroponic system under plastic cover, in comparison with the plants that are nourished with Steiner solution throughout the growing cycle.

The effect of the nutritional regime of 14 (NO₃⁻), 14:1.25:4.75 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) and 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹ in the vegetative, flowering and fruiting stages respectively, increases the number of flowers and fruits per plant, as well as the amount of dry matter per plant and the performance of “Jaguar” habanero chili.

The fruits of “Jaguar” habanero chili are larger by the effect of the regimen 14 (NO₃⁻), 12:1:7 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) and 14:5 (NO₃⁻:K⁺) me L⁻¹ in the vegetative, flowering and fruiting stages respectively, compared to the fruits obtained with Steiner solution.

End of the English version



Armenta, B. A. D.; Baca, C. G. A.; Alcántar, G. G.; Kohashi, Sh. J.; Valenzuela, U. J. G. y Martínez, G. A. 2001. Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 7:61-75.

- Borges, G. L.; Cervantes, C. L.; Ruiz, N. J.; Soria, F. M.; Reyes, O. V. y Villanueva, C. E. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. México. Terra Latinoamericana. 28:35-41.
- Borges, G. L.; Moo, K. C.; Ruíz, N. J.; Osalde, B. M.; González, V. C.; Yam, Ch. C. y Can, P. F. 2014. Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: características físicas y químicas predominantes. México. Agrociencia. 48:347-359.
- Chan, C. N.; Sauri, D. E.; Olivera, C. L. y Rivas, B. J. I. 2011. Evaluación de la calidad en la industrialización del chile habanero (*Capsicum chinense*). México. Rev. Iberoam. Tecnol. Postcosecha. 12(2):222-226.
- Cruz, C. J. M.; Medina, A. J. L.; Larqué, S. F. A. 2012. Efecto de aspersiones del dimetilsulfóxido en la productividad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Rev. Mex. Cienc. Agríc. (4):785-788.
- Jaimez, R.; Añez, B. y Espinoza, W. 2010. Desfloración: su efecto sobre el aborto de estructuras reproductivas y rendimiento en pimentón (*Capsicum annum* L.). Venezuela. Rev. Facultad Agron. 27:418-432.
- Khan, M. S. I.; Roy, S. S. and Pall, K. K. 2010. Nitrogen and phosphorus efficiency on the growth and yield attributes of *Capsicum* ssp. Bangladesh. Academic J. Plant Sci. 3(2):71-78.
- Lugo, J. N.; Carballo, B. M.; Sauri, D. E.; Centurión, Y. A. y Tamayo, C. E. 2010. Efecto del sistema de cultivo sobre la calidad microbiológica del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) después de su cosecha. México. Rev. Iberoam. Tecnol. Postcosecha. 11(2):171-179.
- Medina, L. F.; Echevarría, M. I.; Pacheco, A. R.; Ruiz, L. N.; Guzmán, A. A. y Martínez, E. M. 2008. Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in Habanero Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). México. HortSci. 43(5):1549-1554.
- Navarro, J. M.; Flores, P.; Garrido, C. y Martínez, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. España. Food Chem. 96: 66-73.
- Nieves, G. F.; Alejo, S. G.; Luna, E. G.; Lemus, F. C.; Juárez, L. P. y Salcedo, P. E. 2015. Extracción y requerimiento de fósforo en chile Habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.) 'Big Brother'. Venezuela. Interciencia. 40(4):282-286.
- Noh, M. J.; Borges, G. L. y Soria, F. M. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Trop. Subtrop. Agroecosys. 12(2):219-228.
- Ojodeagua, A. J. L.; Castellanos, R. J. Z.; Muñoz, R. J. J.; Alcántar, G. G.; Tijerina, C. L.; Vargas, T. P. y Enríquez, R. S. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. México. Fitotec. Mex. 31(4):367-374.
- Peil, R. M. y Gálvez, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Brasil. Rev. Bras. Agric. 11:5-11.
- Peña, B. F. and Zenner, de P. I. 2015. Growth of three color hybrids of sweet paprika under greenhouse conditions. Colombia. Agron. Colomb. 33(2):139-146.
- Pérez, G. A.; Pineda, D. A.; Latournerie, M. L.; Pam, P. W. y Godoy, Á. C. 2008. Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. México. Terra Latinoam. 26:53-59.
- Ramírez, M. M.; Arcos, C. G.; Mata, V. H. y Vázquez, G. E. 2012. Jaguar, variedad de chile habanero para México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico MX-0-0310302-11-03-14-09-28. 35 p.
- Ramírez, L. E.; Castillo, A. C. de la C.; Aceves, N. E. y Carrillo, Á. E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'Habanero'. México. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 11:93-98.
- Ruiz, S. E.; Aguilar, O. O.; Cristóbal, A. J.; Tun, S. J.; Latournerie, M. L. y Pérez, G. A. 2009. Comparación de la efectividad de un insecticida botánico y dos químicos convencionales en el control del picudo (*Anthonomus eugeni* Cano) (Coleoptera: Curculionidae) en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Cuba. Fitosanidad. 13(2):117-120.
- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. ISOSC. In: proceedings of 6th International Congress on Soils Culture. Lunteren, The Netherlands. 633-649 pp.
- Tapia, V. M.; Larios, G. A.; Díaz, S. D. D.; Ramírez, O. G.; Hernández, P. A.; Vidales, F. I. y Guillén, A. H. 2016. Producción hidropónica de chile Habanero Negro (*Capsicum chinense* Jacq.). México. Rev. Fitotec. Mex. 39(3):241-245.
- Tucuch, H. C. J.; Alcántar, G. G.; Ordaz, Ch. V. M.; Santizo, R. J. A. y Larqué, S. A. 2012. Producción y calidad de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoam. 30:9-15.