

## Rendimiento y calidad del chile habanero en respuesta a la poda de conducción y régimen nutrimental

José Daniel López-Gómez<sup>1</sup>

Héctor Sotelo Nava<sup>2§</sup>

Oscar Gabriel Villegas-Torres<sup>1</sup>

María Andrade Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. (dago\_691@hotmail.com; voscar66@yahoo.com.mx; maria.andrade@uaem.mx). <sup>2</sup>Dirección General de Desarrollo Sustentable-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209.

§Autor para correspondencia: hector.sotelo@uaem.mx.

### Resumen

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se produce tradicionalmente en suelo y a cielo abierto, por lo que información de su cultivo hidropónico en condiciones de invernadero es escasa, sobre todo en lo referente a la conducción de la planta y nutrición. Por tal motivo, en un invernadero del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, se llevó a cabo un experimento en sistema hidropónico con la finalidad de evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos del chile habanero en respuesta a la poda de conducción (2, 3, 4 tallos por planta y sin poda) y el régimen nutrimental [RN1: solución nutritiva universal (Steiner, 1984) suministrada durante todo el ciclo de cultivo; RN2: solución nutritiva específica para cada etapa fenológica del chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017)]. Se tuvieron ocho tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, distribuidos en diseño experimental completamente al azar. La unidad experimental fueron tres plantas, colocadas cada una en un contenedor de polietileno negro con capacidad para 15.14 L, con grava de tezontle rojo como sustrato. El suministro de las soluciones nutritivas se realizó con el sistema de riego por goteo. Los resultados indicaron que el tratamiento ‘sin poda-RN2’ incrementó 29.5% y 35.5% la biomasa seca y número de frutos respectivamente, en comparación con las plantas del tratamiento ‘sin poda-RN1’. El rendimiento fue de 616.9 g planta en seis cortes de fruto con el tratamiento ‘sin poda-RN2’, 22.8% superior al obtenido del tratamiento ‘4 tallos-RN2’. Por efecto de la poda de conducción (2, 3 y 4 tallos) se incrementó el tamaño de los frutos.

**Palabras clave:** etapa fenológica, nutrición, poda.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: marzo de 2020

## Introducción

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se produce tradicionalmente en la península de Yucatán a cielo abierto (Macías *et al.*, 2013); 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 de que 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 de los requerimientos nutricionales 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 (Borges-Gómez *et al.*, 2010; Noh-Medina *et al.*, 2010). No obstante, los resultados de la fertilización en campo no son del todo satisfactorios ya que depende del tipo de suelo (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

Por otra parte, la información sobre soluciones nutritivas para el chile habanero cultivado en invernadero es escasa. Tucuch-Haas *et al.* (2012) han utilizado la solución nutritiva universal (SNU, Steiner, 1984), modificando concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$ :  $\text{N-NO}_3^-$ , señalan que con la relación 0%  $\text{NH}_4^+$ :100%  $\text{NO}_3^-$  se obtienen plantas de mayor altura y de diámetro de tallo hasta el final del ciclo de cultivo y que la relación 20%  $\text{NH}_4^+$ :80%  $\text{NO}_3^-$  brinda mejores resultados en rendimiento y calidad de frutos.

No obstante, se ha reportado que el chile habanero puede ser nutrido de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo. López-Gómez *et al.* (2017) evaluaron tres concentraciones de nitrato en la etapa vegetativa (10, 12 y 14 meq  $\text{L}^{-1}$ ), 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 meq  $\text{L}^{-1}$ ) y con tres relaciones nitrato: potasio en la etapa de fructificación (14:5, 14:5 y 12:7 meq  $\text{L}^{-1}$ ).

Los resultados indicaron que por efecto del régimen nutricional de 14 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  (etapa vegetativa), 14:1.25:4.75 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$  (etapa de floración) y 14:5 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-:\text{K}^+$  (etapa de fructificación), hubo un incremento en el número de flores planta<sup>-1</sup>, número de frutos planta<sup>-1</sup> y rendimiento, el cual fue de 1 054 g planta<sup>-1</sup> en seis cortes de fruto, 33 % superior al rendimiento obtenido de las plantas que se nutren con SNU durante todo el ciclo de cultivo, mientras que la acumulación de materia seca también fue superior 20.3%. En plantas del género *Capsicum* es escasa la información acerca del efecto de la poda en el rendimiento.

En el pimiento (*Capsicum annuum*) se indican diferentes recomendaciones (Jaimez *et al.*, 2002). De acuerdo con Cruz *et al.* (2009), en el norte de Europa y de América la producción de pimiento en condiciones de invernadero generalmente se basa en la poda tipo 'holandés', la cual consiste en el uso de cultivares de ciclo indeterminado que se conducen a dos tallos hasta alcanzar 2 a 3 m de altura, con lo que se puede incrementar el rendimiento.

De igual forma, Villegas *et al.* (2004) señalan que, en el cultivo de tomate de hábito de crecimiento indeterminado, las plantas se podan a dos tallos cuando inicia la primera inflorescencia y se dejan crecer libremente hasta llegar a los 2 m de altura, eliminando las hojas inferiores y los brotes laterales.

Sin embargo, en Chile habanero es escasa la información sobre los tipos de poda que requiere el cultivo. De acuerdo con Macías *et al.* (2013), en la producción de Chile habanero en invernadero, las plantas se podan a tres tallos durante todo el ciclo de cultivo. Por su parte, Jaimez *et al.* (2002), al evaluar el efecto de diferentes intensidades de poda (10 y 15 nudos) llevadas a cabo en plantas de Chile habanero (*Capsicum chinense*).

Sobre la dinámica de producción de flores y frutos, observaron que se puede lograr un incremento del peso de los frutos, obteniendo frutos de mayor calidad comercial, aunque esto puede causar disminuciones entre 12-14% en el rendimiento total. La importancia de la poda radica en que en ocasiones un incremento rápido de algún órgano puede competir con las hojas por nutrientes que fácilmente se pueden traslocar, lo que provoca senescencia foliar y reducción en su capacidad fotosintética. Asimismo, existe competencia entre los órganos cuyo crecimiento y desarrollo son simultáneos; tal es el caso del crecimiento del ápice con la diferenciación foliar.

En términos generales la poda puede influir en el número y calidad de las flores y frutos. Tal es el caso de Ponce *et al.* (2012), quienes reportan que, en el cultivo de tomate de cáscara, si se reduce el número de frutos, éstos serán de mayor tamaño y calidad; sin embargo, una poda apical excesiva puede promover más el crecimiento vegetativo y suprimir la floración.

Con base en lo anterior es conveniente analizar los efectos de la nutrición suministrada de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo junto con el tipo de poda de conducción sobre el rendimiento y la calidad física del fruto de Chile habanero cultivado bajo cubierta plástica en un sistema hidropónico.

## **Materiales y métodos**

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.

### **Material vegetal**

Se usaron semillas de Chile habanero 'Jaguar'. 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 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 3.0 cm y de 6.5 a 10 g de peso, con rendimientos que oscilan de 18.3 hasta 36 t ha<sup>-1</sup> (Ramírez *et al.*, 2012).

### **Manejo del experimento**

Para la obtención de las plántulas, las semillas se sembraron en charolas de polietileno color negro de 72 cavidades con un sustrato comercial Sunshine3<sup>®</sup>. En postrasplante, la unidad experimental constó de tres bolsas de polietileno color negro de 25.5 cm de diámetro por 30 cm de altura con capacidad para 15.14 L.

Distribuidas en arreglo topológico ‘tres bolillo’, se usó como sustrato tezontle rojo, considerado inerte desde el punto de vista químico (Ojodeagua *et al.*, 2008). En cada bolsa se colocó una plántula de chile habanero, y para la evaluación de las variables de respuesta se consideró únicamente la planta central.

Los tratamientos se generaron a partir de la combinación factorial de los niveles de los dos factores de estudio: la poda de conducción (dos, tres y cuatro tallos por planta y sin poda) y el régimen nutrimental [RN1: solución nutritiva universal (Steiner, 1984) suministrada durante todo el ciclo de cultivo; RN2: solución nutritiva específica para cada etapa fenológica del chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017)] (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Tratamientos generados por la combinación factorial de las podas de conducción y los regímenes nutrimentales para la producción hidropónica de chile habanero en invernadero.**

Tratamientos	Poda de conducción	Régimen nutrimental
1*	Sin poda	RN1
2	Sin poda	RN2
3	4 tallos	RN1
4	4 tallos	RN2
5	3 tallos	RN1
6	3 tallos	RN2
7	2 tallos	RN1
8	2 tallos	RN2

\*= tratamiento testigo; RN1= suministro de la solución nutritiva universal (Steiner, 1984) durante todo el ciclo de cultivo; RN2= abastecimiento de solución nutritiva específica para cada etapa fenológica del chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017).

En el Cuadro 2 se describe el RN2. En ambos regímenes, se mantuvieron constantes las concentraciones de sales que aportaron micronutrientes: Fe-EDTA (5 mg L<sup>-1</sup>); H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (2.88 mg L<sup>-1</sup>); MnCl<sub>2</sub> (1.81 mg L<sup>-1</sup>); ZnSO<sub>4</sub> (0.22 mg L<sup>-1</sup>); CuSO<sub>4</sub> (0.18 mg L<sup>-1</sup>) y H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> (0.02 mg L<sup>-1</sup>). A partir, del trasplante se inició el suministro de los regímenes nutrimentales conforme a lo indicado en el Cuadro 1. Las plantas sin podar con el RN1 fue el tratamiento testigo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento.

**Cuadro 2. Régimen nutrimental alternativo (RN2) para la producción de chile habanero en sistema hidropónico e invernadero (López-Gómez *et al.*, 2017).**

Etapa fenológica	Composición química de las soluciones nutritivas (meq L <sup>-1</sup> )					
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Vegetativa	14	0.75	5.25	7	9	4
Floración	14	1.25	4.75	7	9	4
Fructificación	14	0.75	5.25	5	10.39	4.61

La etapa vegetativa duró del trasplante hasta que el 50% de las plantas presentaron la primera flor. La etapa de floración abarcó desde 50% de las plantas presentaron la primera flor hasta que 50% de las plantas tuvieron el primer fruto con una longitud de  $10 \pm 1$  mm. La etapa de fructificación comprendió desde que 50% de las plantas presentaron el primer fruto con una longitud de  $10 \pm 1$  mm hasta el fin de la cosecha.

Desde el trasplante se inició el suministro de las soluciones nutritivas conforme a los tratamientos indicados en el Cuadro 1 mediante sistema de riego por goteo. Se aplicaron nueve riegos diarios, con una duración de 1 min cada riego los primeros días después del trasplante y aumentando el tiempo de riego conforme el crecimiento de la planta.

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

### **Variables de respuesta**

Se midió la altura de la planta con una cinta métrica, desde la base del tallo hasta su ápice más largo; el diámetro del tallo se midió con un vernier de carátula tipo reloj y se obtuvo de la base del tallo principal, a 2 cm por encima del sustrato; el contenido relativo de clorofila se midió con el SPAD (Minolta) sobre la quinta y sexta hoja del ápice hacia abajo de cada planta; 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 último entrenudo del tallo principal de cada planta y una penetración de 3 mm con un puntal cónico; el peso de materia seca de hoja, tallo y raíz se obtuvo con una báscula digital Adam Core CQT5000.

Para obtener el peso de materia seca, los diferentes órganos de la planta se metieron en bolsas de papel estraza y se colocaron en una estufa de circulación forzada de aire a una temperatura de  $70^\circ\text{C}$  hasta que el peso de la materia seca se mantuvo constante. Para contabilizar el número de flores por planta, se tomó como parámetro para todas las plantas, las primeras seis bifurcaciones de cada tallo secundario y de ahí mismo se obtuvo el porcentaje de aborto floral.

El volumen de raíz se midió con una probeta graduada de 2 L, aforando la probeta a 1 L, introduciendo la raíz y obteniendo el registro del volumen de ésta con el aumento en el volumen de agua dentro de la probeta. Las variables destructivas se analizaron a los 156 días después del trasplante (DDT). Los frutos se empezaron a cosechar a los 103 DDT cuando presentaron el color anaranjado intenso, realizando seis cortes en un lapso de 49 días de cosecha. En cada corte, los frutos de cada planta se contaron y se pesaron en una báscula digital EKS 402SI.

Posteriormente se dividió el peso total entre el número de frutos de cada planta y se obtuvo su peso promedio individual. El rendimiento por planta se obtuvo con la suma de lo cosechado durante los seis cortes, así como el número de frutos totales. La longitud del fruto se midió desde el pedúnculo

hasta su ápice con un vernier de carátula tipo reloj al igual que el diámetro en la parte media del fruto. A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza con el programa SAS (Versión 9.0) y a los datos con efecto de tratamientos se les aplicó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## Resultados y discusión

Las plantas con 2, 3 y 4 tallos nutridas con RN2 fueron de mayor altura y con tallos más resistentes; sin embargo, el desarrollo de las plantas en la mayoría de las variables evaluadas resultó mejor a causa del RN2 sin realizar la poda. El aborto de flor fue mayor cuando las plantas no se podaron (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Variables de crecimiento, número de flores y aborto de flor en plantas de chile habanero por efecto de la poda de conducción y régimen nutrimental.**

Poda de conducción	Régimen nutrimental	AP (cm)	DTP (mm)	AF (cm <sup>2</sup> )	RMT (N cm <sup>-2</sup> )	CRC (SPAD)	NFP	ADF (%)
S/poda	RN1*	104.6 d	19.7 a	12886 a	65.4 ab	66.5 e	127.2 b	61.5 ab
S/poda	RN2	113.3 cd	21.8 a	15367 a	67.1 ab	75.2 bd	163.2 a	67.5 a
4 tallos	RN1	139 ab	16.8 ab	5134 b	67.7 ab	77.5 ac	52 cd	49.7 ac
4 tallos	RN2	139 ab	16.8 ab	6306 b	70.1 a	78.9 a	60.7 c	43.9 ac
3 tallos	RN1	140 ab	14.6 b	3561 b	63.2 b	78 ab	51.5 cd	30.8 c
3 tallos	RN2	149.3 a	14.6 b	4763 b	70.7 a	76.6 ac	48.5 cd	37.7 bc
2 tallos	RN1	126.6 bc	13.7 b	3495 b	69.7 a	72.9 d	33.7 d	25.6 c
2 tallos	RN2	146.6 a	13.5 b	4095 b	64.2 b	74.2 cd	49 cd	27.5 c
	CV	4.94	10.73	20.8	2.86	1.71	7.6	24.13

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; RN1= suministro de la solución nutritiva universal (Steiner, 1984) durante todo el ciclo de cultivo; RN2= abastecimiento de solución nutritiva específica para cada etapa fenológica del chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017); \*= tratamiento testigo; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma literal son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Ramírez-Luna *et al.* (2005) reportan más de 40% de aborto de flor, mientras que Medina-Lara *et al.* (2008) han descrito hasta 85% de aborto de flor en este cultivo. Por su parte, 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.

Patiño-Torres y Jaimez-Arellano (2016) señalan que las altas temperaturas causan aumento en la producción de etileno, lo cual provoca aborto de flores, mencionando también que altas densidades de plantas por superficie induce el aborto floral a causa de una baja intensidad de luz. De igual forma, Jaimez *et al.* (2010) atribuyen a las altas temperaturas 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.

Por otra parte, cuando las plantas se trataron con el RN2, pero no se podaron, se obtuvieron los valores más altos en cuanto a volumen de raíz y peso de materia seca de los órganos de la planta (hoja, tallo y raíz) así como de materia seca total (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Volumen de raíz y peso de materia fresca de plantas de chile habanero por efecto de la poda de conducción y régimen nutrimental.**

Poda de conducción	Régimen nutrimental	VR (cm <sup>3</sup> )	PMSH (g)	PMST (g)	PMSR (g)	PMS Total (g)
Sin poda	RN1*	413.3 ab	83.3 ab	141.6 b	71.6 ab	298.3 b
Sin poda	RN2	443.3 a	111.6 a	226.6 a	85 a	423.3 a
4 tallos	RN1	336.6 bc	55 bc	103.3 bc	66.6 a-c	225 bc
4 tallos	RN2	423.3 ab	65 bc	103.3 bc	70 a-c	238.3 bc
3 tallos	RN1	270 c	38.3 c	55 c	51.6 cd	145 c
3 tallos	RN2	416.6 ab	51.6 c	85 bc	55 b-d	191.6 bc
2 tallos	RN1	340 bc	40 c	53.3 c	45 d	138.3 c
2 tallos	RN2	286.6 c	41.6 c	60 c	45 d	146.6 c
CV		9.5	18.3	23.45	11.17	16.95

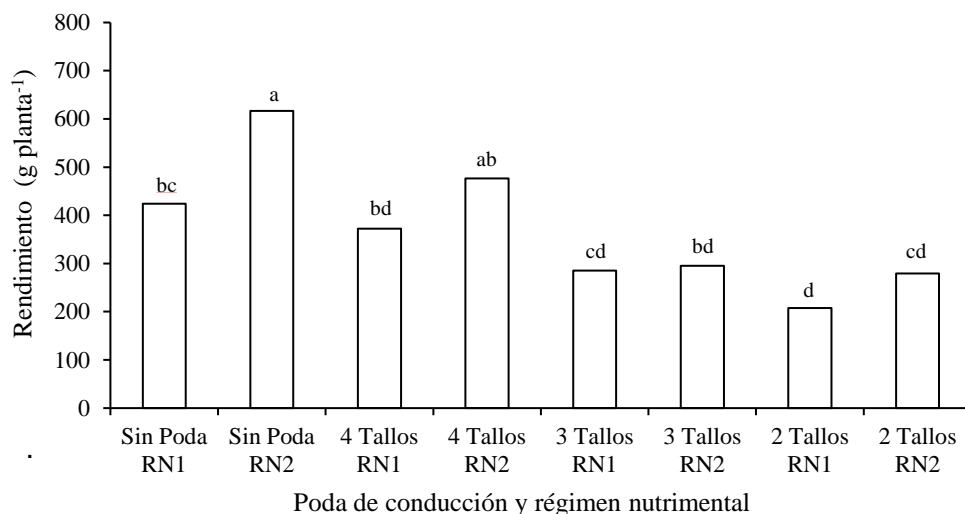
VR= volumen de raíz; PMSH= peso de materia seca de hoja; PMST= peso de materia seca de tallo; PMSR= peso de materia seca de raíz; PMS Total= peso de materia seca total; RN1= suministro de la solución nutritiva universal (Steiner, 1984) durante todo el ciclo de cultivo; RN2= abastecimiento de solución nutritiva específica para cada etapa fenológica del chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017); \* = tratamiento testigo; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma literal son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

El peso de materia seca total de las plantas (hoja + tallo + raíz) nutridas con el RN2 y sin podar fue 29.5% superior al peso de las plantas que se nutrieron con RN1 y tampoco recibieron poda. El porcentaje de materia seca de la parte aérea de las plantas nutridas con el tratamiento sin poda/RN2 fue de 79.9% mientras que la producción de materia seca de raíz correspondió al 20.1%. Por efecto del mismo tratamiento también se obtuvo el mayor rendimiento (Figura 1).

Estos resultados parecen tener relación con lo que señalan Peña y Zenner (2015), quienes afirman que altos porcentajes de materia seca de la parte aérea de las plantas de *Capsicum annum* indican mayor número de hojas, fuente y producción de fotoasimilados para el llenado de los órganos exigentes. Además, Peil y Gálvez (2005) ponen de manifiesto que, en las condiciones de cultivo en sustratos artificiales bajo invernadero, con un aporte de agua y nutrientes próximos al óptimo, se puede lograr un crecimiento máximo de las plantas con un sistema radical reducido.

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. En cuanto al rendimiento, el mayor valor fue de 616.9 g por planta en seis cortes de fruto por efecto del tratamiento sin poda/RN2, superando 22.8% al rendimiento de las plantas podadas a cuatro tallos y nutridas con el régimen.

Por su parte, Tucuch-Haas *et al.* (2012) reportaron rendimiento de chile habanero de 302 g/planta en tres cortes de fruto, suministrando la solución Steiner con una relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de 10/90%, respectivamente, en combinación con una mezcla de sustrato tezontle-fibra de coco (75-25% respectivamente) y con granulometría de tezontle de 10-20 mm.



**Figura 1. Rendimiento de chile habanero por efecto de la poda de conducción y el régimen nutrimental.** RN1= suministro de la solución nutritiva universal (Steiner, 1984) durante todo el ciclo de cultivo; RN2= abastecimiento de solución nutritiva específica para cada etapa fenológica del chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017). Medias con la misma literal son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Por su parte, Alejo-Santiago *et al.* (2015) evaluaron cuatro concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva (5, 10, 15 y 20  $\text{meq L}^{-1}$ ), tomando como base para su formulación lo propuesto por Steiner y Van Winden (1970). Señalan que al incrementar la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva, la producción de materia seca en los diferentes órganos de la planta de chile habanero var. 'Big Brother', aumentó significativamente, observando que con la dosis de 20  $\text{meq L}^{-1}$ , la materia seca correspondiente a hojas, tallos y flores fue más alta con respecto a los demás tratamientos, mientras que la mayor producción de materia seca total se registró en el tratamiento de 15  $\text{meq L}^{-1}$ .

Lo anterior, es debido a que a partir de 20  $\text{meq L}^{-1}$ , disminuye la producción de materia seca de fruto. Como consecuencia, también observaron que el incremento de la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva, hasta una dosis de 15  $\text{meq L}^{-1}$ , provocó aumento en el rendimiento. No obstante, a partir de la dosis de 20  $\text{meq L}^{-1}$ , el rendimiento disminuye. Este aumento en materia seca de órganos y de rendimiento coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que el RN2 aplicado tuvo mayor concentración de nitrato (14  $\text{meq L}^{-1}$ ) en todas las etapas fenológicas del cultivo, a diferencia de la solución Steiner (12  $\text{meq L}^{-1}$ ).

Por efecto del RN2 sin necesidad de podar la planta, también se obtuvo el mayor número de frutos por planta (Cuadro 6), superando con 35.5% más frutos que las plantas nutridas con RN1 sin podar y hasta en 61% la cantidad de frutos producidos por las plantas podadas a 4 tallos independientemente de la nutrición aplicada. Sin embargo, de las plantas que se podaron a dos tallos principales nutridas con el RN2, se obtuvieron frutos 47.1% más pesados que los que se obtuvieron de las plantas sin poda más RN2 (Cuadro 6).

En cuanto a la longitud y diámetro del fruto, los valores más altos se presentaron en la mayoría de los tratamientos donde se realizó la poda a diferencia de las plantas que no fueron podadas (Cuadro 6). No obstante, se observa una tendencia, sobre todo en el diámetro de los frutos, que cuando las plantas son podadas y además reciben RN2, el diámetro es mayor.



**Cuadro 6. Peso promedio, tamaño y número de frutos por planta de chile habanero por efecto conjunto de la poda de conducción y régimen nutrimental.**

Poda de conducción	Régimen nutrimental	Peso promedio por fruto (g)	Longitud de fruto (mm)	Diámetro ecuatorial de fruto (mm)	Frutos planta <sup>-1</sup>
Sin poda	RN1*	1.43 c	19.2 c	17.4 c	179.6 b
Sin poda	RN2	2.04 bc	20.9 bc	17.7 bc	278.6 a
4 tallos	RN1	2.57 abc	27.3 ab	21.3 ab	103.6 bc
4 tallos	RN2	2.92 ab	30.8 a	22.8 a	111 bc
3 tallos	RN1	2.72 abc	28.1 a	21.8 a	61.3 c
3 tallos	RN2	2.05 bc	29.9 a	21.9 a	68.6 c
2 tallos	RN1	2.59 ac	28.3 a	21.3 ab	59.3 c
2 tallos	RN2	3.86 a	29.4 a	23.5 a	60.6 c
	CV	20.3	8.54	6.29	12.49

RN1= suministro de la solución nutritiva universal (Steiner, 1984) durante todo el ciclo de cultivo. RN2= abastecimiento de solución nutritiva específica para cada etapa fenológica del chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017); \*= tratamiento testigo; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma literal son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

De acuerdo con Ramírez-Luna *et al.* (2005) las plantas de chile habanero desarrolladas en invernadero presentan mayor número de flores y frutos, pero con tamaño de fruto pequeño, en contraste con la producción en campo, donde se obtienen frutos más grandes, atribuyendo el menor tamaño de fruto, a la baja intensidad de luz que hay en el invernadero. Condición que favorece plantas más grandes, de tallos más 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 directamente de la cantidad de granos de polen depositados en el estigma; es decir, con menor cantidad de polen, se producen frutos más pequeños, deformes o con pocas semillas. Este problema es de gran importancia ya que el incremento de los parámetros de calidad puede aumentar la vida de anaquel; por lo tanto, el valor económico de los mismos (Chamú-Baranda *et al.*, 2011).

## Conclusiones

El tamaño de frutos de chile habanero se incrementa por efecto de la poda a 2, 3 y 4 tallos conjuntamente con los regímenes nutrimentales RN1 o RN2 en comparación con el efecto simultáneo de las plantas sin podar con los mismos regímenes. El número de frutos y rendimiento por planta de chile habanero se favoreció por el efecto conjunto de no podar a la planta con el régimen nutrimental dos (RN2), aunque el rendimiento fue estadísticamente similar con el de las plantas conducidas a cuatro tallos con el mismo régimen.

El régimen nutrimental basado en la etapa fenológica del cultivo (RN2) juntamente con la poda de conducción sí afecta el rendimiento y la calidad de los frutos de chile habanero.

El rendimiento de chile habanero fue mayor cuando se aplicó el régimen nutrimental alternativo (RN2) sin podar la planta.

El tamaño y peso de los frutos de chile habanero es mayor cuando las plantas son nutridas con base en su etapa fenológica (RN2) y son podadas a 4, 3 y 2 tallos; sin embargo, con esta poda el rendimiento total disminuye de 22.8% a 53.7%, en comparación con las plantas no podadas.

### 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. Colombia. Agronomía Colombiana. 25(1):62-72.
- Alejo-Santiago, G.; Luna-Esquivel, G.; Sánchez-Hernández, R.; Salcedo-Pérez, E.; García-Paredes, J. D. y Jiménez-Meza, V. M. 2015. Determination of the nitrogen requirement for habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). México. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 21(3):215-227.
- Borges-Gómez, 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 Latinoam. 28(1):35-41.
- Borges-Gómez, L.; Moo-Kauil, C.; Ruíz-Novelo, J.; Osalde-Balam, M.; González-Valencia, C.; Yam-Chimal, C. y Can-Puc, F. 2014. Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: características físicas y químicas predominantes. México. Agrociencia. 48(4):347-359.
- Chamú-Baranda, J. A.; López-Ordaz, A.; Ramírez-Ayala, C.; Trejo-López, C. y Martínez-Villegas, E. 2011. Respuesta del pimiento morrón al secado parcial de la raíz en hidroponía e invernadero. México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(1):97-110.
- Cruz, C. J. M.; Medina, A. J. L. y Larqué, S. F. A. 2012. Efecto de aspersiones del dimetilsulfóxido en la productividad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. (4):785-788.
- Cruz, H. N.; Sánchez, del C. F.; Ortiz, C. J. y Mendoza, C. M. del C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y periodo de cosecha en chile pimiento. México. Agric. Téc. Méx. 35(1):73-80.
- Jaimez, R. E.; Nava, N.; Rivero, Y. y Trompiz, K. 2002. Efecto de diferentes intensidades de poda sobre la dinámica de floración y producción de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). Venezuela. Rev. de la Facultad de Agronomía (LUZ). 19(1):132-139.
- Jaimez, R.; Añez, B. y Espinoza, W. 2010. Desfloración: su efecto sobre el aborto de estructuras reproductivas y rendimiento en pimentón (*Capsicum annumm* L.). Venezuela. Rev. de la Facultad de Agronomía (LUZ). 27(1):418-432.
- López-Gómez, J. D.; Villegas-Torres, O. G.; Sotelo N., H.; Andrade R., M.; Juárez, L. P. y Martínez, F. E. 2017. Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental. México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 8(8):1747-1758.
- Lugo-Jiménez, N.; Carballo-Bautista, M.; Sauri-Duch, E.; Centurión-Yah, A. y Tamayo-Canul, E. 2010. Efecto del sistema de cultivo sobre la calidad microbiológica del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) después de su cosecha. México. Rev. Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 11(2):171-179.

- Macías, R. H.; Muñoz, V. J. A.; Velásquez, V. M. A.; Potisek, T. M. C. y Villa, C. M. M. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la península de Yucatán. México. Ver. Chapingo Ser. Zonas Áridas. 12(2):37-43.
- Medina-Lara, F.; Echevarría-Machado, I.; Pacheco-Arjona, R.; Ruiz-Lau, N.; Guzmán-Antonio, A. and Martínez-Estevez, M. 2008. Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). United States of America. HortScience. 43(5):1549-1554.
- Navarro, J. M.; Flores, P.; Garrido, C. and Martínez, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. España. Food Chemistry. 96(1):66-73.
- Noh-Medina, J.; Borges-Gómez, L. y Soria-Fregoso, M. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). México. 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.
- Patiño-Torres, A. J. y Jaimez-Arellano, R. E. 2016. Relación Fuente-Fuerza de la demanda en el aborto de estructuras reproductivas, tasa fotosintética y rendimiento en *Capsicum annum*. México. Agrociencia. 50(5):649-664.
- 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. ver. Bras. Agric. 11(1):05-11.
- 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.
- Ponce, V. J. J.; Peña-Lomelí, A.; Rodríguez-Pérez, J. E.; Mora-Aguilar, R.; Castro-Brindis, R. y Magaña, L. N. 2012. Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm.) cultivado en invernadero. México. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 18(3):325-332.
- 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 núm. 35 p.
- Ramírez-Luna, E.; Castillo-Aguilar, C. de la C.; Aceves-Navarro, E. y Carrillo-Ávila, 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(1):93-98.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. ISOSC. In: Proceedings of 6<sup>th</sup> International Congress on Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. 633-649 pp.
- Steiner, A. A. and Van Winden, H. 1970. Recipe for ferric salts of ethylenediaminetetraacetic acid. The Netherlands. Plant Physiol. 46(1):862-863.
- Tucuch-Haas, C. J.; Alcántar-González, G.; Ordaz-Chaparro, V. M.; Santizo-Rincón, J. A. y Larqué-Saavedra, 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. México. Terra Latinoam. 30(1):9-15.
- Villegas, C. J. R.; González, H. V. A.; Carrillo, S. J. A.; Livera, M. M.; Sánchez del Castillo, F. y Osuna, E. T. 2004. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. México. Fit. Mex. 27(4):333-338.