

Cultivares y nutrición de chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero de clima controlado

Magdalena Villa Castorena^{1*}
Ernesto Alonso Catalán Valencia
Marco Antonio Insunza Ibarra
Abel Román López
María de Lourdes González López
Jaime Valdéz Amaya²

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en un invernadero de clima controlado para evaluar la respuesta de los híbridos: Calix (rojo), PB 99205 (amarillo) y Magno (naranja), y tres soluciones nutrimentales que variaron en dos etapas fenológicas desde 12 hasta 21 meq L⁻¹ de aniones y cationes de macronutrientes. La siembra se hizo en charolas de poliestireno con 200 cavidades utilizando turba como sustrato. Las plántulas se transplantaron cuando tuvieron una altura de 15 cm y de cinco a seis hojas en canaletas de cemento llenas con arena. La distancia entre hileras y entre plantas fue de 1.20 m y 0.30 m, respectivamente. Se instaló un sistema de riego por goteo, con dos hileras de cintilla, para la aplicación de agua y nutrientes. Los resultados indican que el pimiento amarillo produjo el rendimiento de fruto más alto y los frutos de mayor peso. Este mostró un 24 y 36% más de rendimiento que el producido por los pimientos

naranja y rojo, respectivamente, y frutos más pesados en un 12 y 32% que los producidos en ambos pimientos. El cambio de la solución nutrimental de la baja a la media concentración incrementó el rendimiento en un 33%, pero lo disminuyó en un 5% al aplicar la solución más concentrada.

Palabras clave: Solución nutrimental, aniones, cationes, rendimiento y sus componentes.

ABSTRACT

This study was conducted in a climate-controlled greenhouse to evaluate the response of three hybrids: Calix (red), PB 99205 (yellow) and Magno (orange), and three nutrimental solutions varying in two development stages from 12 to 21 meq L⁻¹ of anions and cations of macronutrients. The planting was done in polystyrene trays with 200 cavities filled with peat. The seedlings were

¹ Investigadores del INIFAP, CENID RASPA. Gómez Palacio, Dgo.

² Investigador del INIFAP. Campo Experimental del Valle de Culiacán.

* Doctor of Philosophy, Agronomy. villa.magdalena@inifap.gob.mx

transplanted when they had a height of 15 cm and five to six leaves in concrete pools filled with sand. The distances between rows and plants were 1.20 m and 0.30 m, respectively. Two rows of drip tape for each plant row were installed for the application of water and nutrients. Results indicated that the yellow pepper produced the highest pod yield and heavier fruits. Pod yield was 24 and 36% higher than that produced by orange and red peppers, respectively, while fruit weight was 12 and 32% higher than both peppers. The change of nutrimental solution from low to medium concentration increased pod yield by 33%, but the more concentrated solution decreased yield by 5%.

Keywords: nutrient solution, anions, cations, pod yield, yield components.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en las regiones áridas y semiáridas del país se ve limitada seriamente por la baja disponibilidad de agua debido principalmente a la escasa precipitación y a la demanda creciente de agua por otros sectores como el industrial y el de consumo humano. Una alternativa de producción en esas regiones la constituye los invernaderos que permite ahorrar volúmenes de agua arriba del 30% (Jensen y Malter, 1995). Además, mediante la tecnología de invernaderos se obtienen mayores rendimientos y mejor calidad de frutos, se puede producir cuando no es posible hacerlo a campo abierto lo que se traduce en mejores precios en el mercado (Macías y col., 2003).

El chile bell es un cultivo atractivo para fines de exportación ya que tiene gran demanda en el mer-

cado internacional, es exigente en cuanto a nutrientes (Hedge, 1997) y su cultivo en invernadero está incrementando en los últimos años (Molina 2004; Urrutia, 2002). Por lo tanto, la obtención de información sobre el comportamiento de cultivares, manejo del riego y nutrientes es de mucha utilidad para lograr los mayores rendimientos e ingresos. El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta de tres materiales genéticos de chile bell a las condiciones de invernadero y tres diferentes soluciones nutrimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en Gómez Palacio, Dgo., en un invernadero de clima controlado con cubierta de policarbonato en sus paredes laterales y polietileno en el techo. Se estudiaron tres materiales genéticos (híbridos): Calix (rojo), PB 99205 (amarillo) y Magno (naranja), y tres soluciones nutrimentales que variaron en la cantidad total de miliequivalentes por litro (meq L^{-1}) de aniones y cationes de los macronutrientes en dos etapas fenológicas: de transplante a inicio de floración y de inicio de floración a la última cosecha (Tabla I).

Las soluciones nutrimentales se prepararon con agua de un pozo, cuyo pH y conductividad eléctrica (CE) fue de 8.2 y 0.49 dS m^{-1} , respectivamente; la concentración de Ca^{2+} y Mg^{2+} del agua se consideró para hacer los ajustes a la composición de las soluciones nutrimentales. Se usaron los fertilizantes comerciales: monofosfato de potasio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio y nitrato de calcio. El pH de las soluciones se ajustó en el rango de 6.0 a 6.5 mediante la aplicación de ácido

fosfórico y la conductividad eléctrica se mantuvo abajo de 3.0 dS m^{-1} .

La siembra se hizo en charolas de poliestireno con 200 cavidades con turba (peat moss) como sustrato. Las charolas se desinfectaron previamente con una solución clorada al 10% de concentración por un tiempo de 30 minutos y después se enjuagaron con agua limpia. Las plántulas se regaron con agua de la red de agua potable hasta la aparición de las hojas verdaderas, después con una solución nutritiva conteniendo 60-70-60 mg L^{-1} de N, P y K, respectivamente.

Cuando las plántulas tuvieron una altura de 15 cm y de cinco a seis hojas se llevó a cabo el transplante en canaletas de cemento de $3.8 \times 10.0 \text{ m}$ con un sustrato de 30 cm de arena de río. Cada canaleta tenía un sistema de drenaje hacia fuera del invernadero donde se colectaban muestras para medir el pH y la conductividad eléctrica (CE). La distancia entre hileras de plantas fue de 1.20 m y la distancia entre plantas de 30 cm.

Se instaló un sistema de riego por goteo, con dos hileras de cintilla, a cada lado de la planta y enterradas a 10 cm para la aplicación de agua y nutrientes. La cantidad de agua y el tiempo de

riego se determinaron mediante la medición del contenido de agua del suelo a través de tensiómetros que fueron colocados sobre la hileras de las plantas y a 20 cm de profundidad y permitiendo un nivel de abatimiento máximo de 17 Centibares. Se aplicaron de tres a seis riegos durante el día y las láminas de riego variaron desde 1.0 hasta 4 mm, esto conforme a la edad del cultivo y a las condiciones climatológicas. La cantidad total de agua aplicada durante el desarrollo del cultivo (13 abril-30 de noviembre) fue de 747 L de agua por metro cuadrado (747 mm de lámina de riego total).

Las labores de cultivo consistieron en aporques, podas, entutorado, deshojado y aplicación de pesticidas. Las podas se hicieron al tallo principal, se dejaron dos tallos por planta, y a las ramas interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación. El entutorado se hizo en los dos tallos principales, usando hilos de rafia, los cuales se amarraron en la parte alta de la estructura

del invernadero (3.5m), también se usaron arillos de plástico para sujetar el tallo con la rafia. El deshojado consistió en quitar hojas senescentes y enfermas con el fin de lograr una mejor ventilación y evitar la propagación de enfermedades.

Las cosechas se hicieron cuando los frutos mostraban la mitad de la coloración característica de cada híbrido, se hicieron 14 cosechas comprendidas en el período del seis de julio al 30 de noviembre de 2007. Las variables de respuesta fueron: rendimiento total de fruto, peso, largo y ancho del fruto, grosor de la pared del fruto.

Tabla I. Soluciones nutritivas probadas en el estudio de cultivares y nutrición de chile pimiento en invernadero

Solución nutritiva	Etapas fenológicas	Total de aniones y cationes (meq L ⁻¹)	Ion	Proporción	meq L ⁻¹
S1	Transplante a Inicio de Floración	12	NO ₃ ⁻	0.70	8.40
			H ₂ PO ₄ ⁻	0.10	1.20
			SO ₄ ²⁻	0.20	2.40
			K ⁺	0.32	3.84
			Ca ²⁺	0.48	5.76
			Mg ²⁺	0.20	2.40
	I. de floración a última Cosecha	15	NO ₃ ⁻	0.70	10.50
			H ₂ PO ₄ ⁻	0.10	1.50
			SO ₄ ²⁻	0.20	3.00
			K ⁺	0.32	4.80
			Ca ²⁺	0.48	7.20
			Mg ²⁺	0.20	3.00
S2	Transplante a Inicio de Floración	15	NO ₃ ⁻	0.70	10.5
			H ₂ PO ₄ ⁻	0.10	1.50
			SO ₄ ²⁻	0.20	3.00
			K ⁺	0.32	4.80
			Ca ²⁺	0.48	7.20
			Mg ²⁺	0.20	3.00
	I. de floración a última Cosecha	18	NO ₃ ⁻	0.70	12.60
			H ₂ PO ₄ ⁻	0.10	1.80
			SO ₄ ²⁻	0.20	3.60
			K ⁺	0.32	5.76
			Ca ²⁺	0.48	8.64
			Mg ²⁺	0.20	3.60
S3	Transplante a Inicio de Floración	18	NO ₃ ⁻	0.70	12.60
			H ₂ PO ₄ ⁻	0.10	1.80
			SO ₄ ²⁻	0.20	3.60
			K ⁺	0.32	5.76
			Ca ²⁺	0.48	8.64
			Mg ²⁺	0.20	3.60
	I. de floración a última Cosecha	21	NO ₃ ⁻	0.70	14.7
			H ₂ PO ₄ ⁻	0.10	2.10
			SO ₄ ²⁻	0.20	4.20
			K ⁺	0.32	6.72
			Ca ²⁺	0.48	10.08
			Mg ²⁺	0.20	4.20

Se hicieron cinco aplicaciones de velsul 725 (azufre elemental, 52%), 2.5 a 3.0 ml L⁻¹ de agua, para el control de la cenicienta (*Leveillula taurica* (Lev.), Arnaud)), dos aplicaciones de abamectina, 0.6 ml L⁻¹ de agua, para el control de araña roja (*Tetranychus urticae*, Koch), y tres aplicaciones de cipermetrina y permetrina, 1.3 a 1.5 ml L⁻¹ de agua, para el control de gusano soldado (*Spodoptera exigua*, Hübner). También se colocaron trampas de color amarillo y azul para el control de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood) y trips (*Frankliniella occidentalis*, Pergande).

Se usó un diseño experimental de bloques al azar, tres repeticiones, nueve tratamientos y un arreglo de ellos en parcelas divididas. La parcela grande fue de 3.6X10 m y comprendió a las soluciones nutritivas y la parcela chica consistió de 3.6X3.3 m y en ellas se establecieron los materiales gené-

ticos. En ambas parcelas se tuvieron tres hileras de plantas.

Las cosechas se hicieron cuando los frutos mostraban la mitad de la coloración característica de cada híbrido, se hicieron 14 cosechas comprendidas en el período del seis de julio al 30 de noviembre de 2007. Las variables de respuesta fueron: rendimiento total de fruto, peso, largo y ancho del fruto, grosor de la pared del fruto. Los datos se analizaron mediante análisis estadísticos y pruebas de comparación de medias (Duncan, $P = 0.05$) cuando fue necesario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento total de fruto

El análisis de varianza indicó que el efecto principal de la solución nutritiva y el material genético en el rendimiento total del fruto resultó altamente

Tabla II. Medias del rendimiento de fruto en cada solución nutritiva y material genético evaluado.

Factor	Nivel	Media (kg m ⁻²) [†]
Solución nutritiva	S1	6.33 c
	S2	8.42 a
	S3	7.98 a
Material genético	Calix (rojo)	6.55 c
	PB 99205 (amarillo)	8.90 a
	Magno (naranja)	7.17 b

[†] Medias seguidas con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre soluciones nutritivas y materiales genéticos (Duncan, $P \leq 0.05$).

significativo ($P \leq 0.01$) pero la interacción de ambos factores no lo fue a un $P \leq 0.05$.

El rendimiento total de fruto se incrementó en un 33% al cambiar la concentración de la S1 a S2, pero disminuyó en un 5% al aplicar la S3. No se encontró diferencia estadística entre las S2 y S3 (Tabla II). Los tres híbridos fueron estadísticamente diferentes entre ellos, siendo el PB 99205 (amarillo) quien mostró el rendimiento de fruto más alto con un 24 y 36% más que el producido por Magno (naranja) y Calix (rojo), respectivamente (Tabla II). Estos rendimientos fueron comparables con los reportados por Shaw y Cantliffe (2002) quienes señalan un rango de 7.2 hasta 10.7 kg m^{-2} y de 6.9 a 9.6 kg m^{-2} para pimientos amarillos y naranjas en invernadero, respectivamente. Sin embargo, fueron inferiores en un 33 y 14% a los rendimientos de pimientos rojos y amarillos, respectivamente, reportados por Grijalva y col.

(2008), lo cual puede deberse principalmente a que se usaron diferentes materiales genéticos y a la diferencia en las condiciones micrometeorológicas dentro de los invernaderos.

Componentes del rendimiento

El peso del fruto, el largo y ancho fueron afectados significativamente tanto por la concentración de la solución como por el material genético ($P \leq 0.01$), la interacción de ambos factores no fue significativa para ningún componente del rendimiento.

La solución nutrimental con baja concentración produjo frutos de menor peso y largo, en cambio la de concentración media y alta mostraron los frutos más pesados y largos, estas dos últimas soluciones no fueron estadísticamente diferentes (Tabla III). La solución nutrimental intermedia promovió los frutos más anchos que las otras dos

Tabla III. Medias de los componentes del rendimiento de fruto en cada solución nutritiva y material genético evaluado.

Factor	Nivel	Peso del fruto (g) †	Largo de fruto (cm) †	Ancho de fruto (cm) †
Solución nutritiva	S1	195 b	8.6 b	8.4 b
	S2	220 a	9.5 a	9.0 a
	S3	214 ab	9.1 a	8.6 b
Material genético	Calix (rojo)	192 c	8.4 c	8.1 b
	PB 99205 (amarillo)	254 a	9.6 a	9.1 a
	Magno (naranja)	227 b	9.1 b	8.8 a

† Medias seguidas con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre soluciones nutrimentales y materiales genéticos (Duncan, ≤ 0.05).

Tabla IV. Resultados del análisis de varianza para la variable grosor de la pared del fruto.

Factor	Cuadrado medio	Cuadrado medio del error
Solución Nutr.	0.603	0.265 NS
Material genético	0.980	0.139 *
Interacción Sol X Mat. Genético	0.126	0.126 NS

* Significativo a un $P \leq 0.05$, ** Significativo a un $P \leq 0.01$, NS no significativo a un $P \geq 0.05$.

soluciones, las cuales fueron estadísticamente similares entre ellas. Las soluciones S2 y S3 mostraron frutos con un peso superior a los 200 g, que de acuerdo con Mullen y col., (2003) se clasifican con calidad extragrande (200-240 g), en cambio los frutos de la S1 tuvieron una calidad de grande (170-200 g) (Mullen y col., 2003).

Por su parte, los materiales genéticos mostraron diferencia estadística entre ellos (Tabla III), el pimiento amarillo tuvo los frutos más pesados y largos con calidad jumbo (> 240 g) (Mullen y col., 2003; Jovicich y col., 2004), el pimiento naranja con frutos con peso y tamaño intermedio con calidad extra grande (200- 240 g) y el pimiento rojo con frutos de menor peso y tamaño con calidad grande (170-200 g) (Mullen y col., 2003; Jovicich y col., 2004). Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Grijalva y col. quienes reportan un peso promedio de fruto de 132 g tanto para pimientos rojos como amarillos.

Grosor de la pared del fruto

El grosor de la pared del fruto fue estadísticamente afectado por el material genético pero no por la solución nutrimental ni por la interacción de ambos factores (Tabla IV). Los pimientos amarillo y naranja tuvieron un fruto con un grosor de pared similar entre ellos (8.3 y 8.0 mm, respectivamente) pero fueron más gruesos que los frutos del pimiento rojo (7.6 mm). Estos resultados fueron muy superiores a los reportados por Mullen y col. (2003) quienes reportan grosor de pared de una gran variedad de pimientos entre 5.5 y 6.6 mm, lo que pudo deberse a la diferencia en el material genético usado y las condiciones ambientales pre-valetientes.

CONCLUSIONES

Los materiales genéticos y la solución nutrimental afectaron el rendimiento total de fruto y los componentes del rendimiento. El pimiento amarillo

(PB 99205) mostró el rendimiento de fruto más alto, los frutos más grandes y de mayor peso; mientras que el pimiento rojo (Calix) tuvo el menor rendimiento, los frutos más pequeños y de menor peso. El rendimiento y sus componentes respondieron de manera positiva al incremento de la concentración de la solución nutrimental de S1 a S2 pero no a la S3.

REFERENCIAS

- Grijalva C. R. L., R. Macías Duarte y F. Robles Contreras. 2008. Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. *Biotecnia X*: 3-10.
- Hedge, D.M. 1997. Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops. Extension bulletin 441. Food Fertilizer Technology Center. Asian and Pacific Council. 43 p.
- Jensen M.H. and A.J. Malter. 1995. Protected agriculture a global review. World Bank Technical Paper Number 253. Washington, D. C. USA. 230 p.
- Jovicich E, D.J. Cantliffe, S.A. Sargent and L.S. Osborne. 2004. Production of greenhouse-grown peppers in Florida. Bulletin HS979. University of Florida. Institute of food and Agricultural Sciences Extension. Gainesville, FL 32611. USA. 11 p.
- Macías R.H., E. Romero y J. Martínez . 2003. Invernaderos de Plástico. Cap. 6. En *Agricultura Protegida*. I. Sánchez Cohen (Ed.). pp 131-163. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Dgo.
- Molina F.J. 2004. Situación actual y perspectivas de la industria de invernaderos en México. En: *Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura*. UAAAN. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila. Octubre 13, 14 y 15 del 2004. pp 25-34.
- Mullen B., S. Whiteley, D. Colbert and N. Prichard. 2003. Bell pepper variety evaluation trials in San Joaquin County. University of California Cooperative Extension. Stockton, California 95205. USA.
- Shaw N. L. and D. J. Cantliffe. 2002. Brightly colored pepper cultivars for greenhouse production in Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 120:1-11.
- Urrutia, A. 2002. Perspectivas de la Industria de Invernaderos en México. Memoria del Congreso de la Asociación Nacional de Productores de Hortalizas en Invernadero. Guadalajara, Jal. pp 145-151.