

CALIDAD DE PLÁNTULAS DE CHILE 'POBLANO' EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA, MÉXICO

SEEDLING QUALITY OF 'POBLANO' PEPPER IN THE SIERRA NEVADA OF PUEBLA, MÉXICO

Ciro García Morales¹, Oswaldo R. Taboada Gaytán^{1*}, Higinio López Sánchez¹,
Pedro Antonio López¹, Gustavo Mora Aguilera² y Bertha Tlapal Bolaños³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Km 125.5 Carretera Federal México-Puebla, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. 72760. Tel. 01(222)285-1442. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 56230. ³Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. 56230.

*Autor para correspondencia (tosaldo@colpos.mx)

RESUMEN

La producción de chile 'Poblano' (*Capsicum annuum* L.) en la Sierra Nevada de Puebla ha disminuido en los últimos años como consecuencia de la mala calidad de las plántulas, entre otros problemas. El objetivo de este trabajo fue identificar técnicas de manejo que permitan mejorar la calidad de las plántulas producidas en almácigos a cielo abierto, mediante el incremento de su sanidad y vigor, y evaluar la eficiencia de la tierra de encino de la región como sustrato para la producción de plántulas en invernadero. Como variable de respuesta se midió porcentaje de germinación, altura, peso seco de raíz y peso seco de la parte aérea, en plántulas obtenidas mediante la combinación de sustratos, variedades, dosis de fertilización y desinfestación de semillas, en invernadero; en campo se probó la combinación desinfestación del suelo, variedades, niveles de fertilización y desinfestación de semillas. Los resultados en invernadero indicaron mayor porcentaje de germinación, altura y acumulación de materia seca en plántulas desarrolladas en tierra de encino que en aquellas producidas en la mezcla de "peat moss" y tierra de encino. En campo la desinfestación del suelo con agua caliente tendió a reducir el porcentaje de plántulas enfermas; en invernadero y campo la altura de plántula y la acumulación de materia seca se incrementaron al hacer dos aplicaciones de 16N-40P-13K más una aspersión de fertilizante foliar. Es posible mejorar la calidad de la plántula que se produce en almácigos de invernadero mediante una adecuada fertilización, con el uso de tierra de encino como sustrato, en lugar de la mezcla de "peat moss" más tierra de encino, mientras que en almácigos de campo conviene desinfestar el suelo con agua caliente porque tiende a reducir la incidencia de enfermedades.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, altura de plántula, peso seco de plántula, germinación,

SUMMARY

Production of 'Poblano' pepper (*Capsicum annuum* L.) in the Sierra Nevada of Puebla has decreased during the last years as consequence of low seedling quality, among other problems. The objective of this research was to identify management practices for improving seedling quality regarding seedling health and vigor produced on nurseries, and to test the efficiency of forest soil obtained in the region as substrate for seedling production in greenhouse. Germination percent, seedling height, and root and shoot dry weight were measured in seedlings grown at different combinations of: substrate, variety, fertilization and primed or untreated seed sown in trays, under greenhouse conditions; and soil disinfection, variety, fertilization and primed or untreated seed, in uncovered (field) nursery conditions. Results

in greenhouse showed greater percentage of seed germination, greater plant height and greater amount of dry matter in seedlings grown in forest soil substrate compared to seedlings grown in a mixture of "peat moss" and forest soil. Under field conditions hot water treatment reduced the percentage of diseased seedlings. Both under field and greenhouse conditions, taller plants with a higher amount of dry matter were obtained when fertilized with the formula 16N-40P-13K and a foliar application of a commercial nutrient solution. It is then possible to improve 'Poblano' seedling quality in greenhouse nurseries by applying appropriate fertilization doses, and using forest soil as substrate, while in field nurseries soil disinfection with hot water might reduce disease incidence.

Index words: *Capsicum annuum*, seedling height, seedling dry weight, germination.

INTRODUCCIÓN

México requiere incrementar la producción de alimentos para satisfacer la demanda de una población en constante crecimiento, por lo que mejorar la producción de diversas especies en las regiones rurales del país ayudaría a amortiguar esta necesidad. En la región de la Sierra Nevada del Estado de Puebla, la producción de chile 'Poblano' (*Capsicum annuum* L.) ha venido a la baja en los últimos años como consecuencia de la mala calidad de plántula y a la falta de mercado para el fruto. Durante el periodo comprendido entre los años 1997 y 2007, en el Estado de Puebla el rendimiento de chile verde se redujo en 24 %, la producción en 37 % y la superficie sembrada en 16 % (SAGARPA, 2007). Sin embargo, algunos productores de la región estiman que la disminución del rendimiento en sus cultivos llegó a ser mayor de 50 % (Rodríguez *et al.*, 2007); según González *et al.* (2004) la incidencia de plántulas enfermas en almácigos llega a ser de 29 % y constituyen una fuente de inóculo que los agricultores transfieren al campo durante el trasplante. Las pérdidas del cultivo en almácigo, campo y cosecha, que llegan a ser de 70 a 100 %, son atribuidas a una enfermedad conocida localmente como "secadera", la cual es causada

por un complejo de hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia* sp, *Phytophthora capsici* y *Fusarium oxysporum* (Rodríguez *et al.*, 2007).

Los factores que pueden influenciar la calidad de las plántulas y su recuperación después del trasplante y que también intervienen durante la producción de plántulas, son: fertilización, riego, control de plagas y enfermedades (Aloni *et al.*, 1991; Noordegraaf, 1994; Guzmán y Sánchez, 2003); todos ellos tienen un efecto en el rendimiento final del cultivo (Nicola y Basoccu, 1994; Guzmán y Sánchez, 2003). Entre estos factores destaca el acondicionamiento nutricional como uno de los más importantes, ya que modifica las características morfológicas y fisiológicas de las plántulas (Nicola y Basoccu, 1994), como la cantidad de carbohidratos acumulados, que según Dufault (1998) pueden afectar la tasa de crecimiento posterior al trasplante. En este sentido, Sallaku *et al.* (2009) consideran que la distribución de productos fotosintéticos en hojas, tallos y raíces son los principales parámetros de calidad en plántulas de hortalizas, de tal manera que a mayor altura de planta y mayor acumulación de materia seca, dada por el peso seco de la raíz y la parte aérea, se tendrá una mejor calidad de plántula (Herrera *et al.*, 2008; Rosca, 2009). En general, un adecuado estado nutricional de las plantas puede ayudar a resistir los efectos de los patógenos y reducir la incidencia de enfermedades (Elmer, 1997; Velasco 1999; Ben-Yephet *et al.*, 2006).

Los dos únicos estudios enfocados a la problemática del cultivo de chile 'Poblano' en la región de la Sierra Nevada (González *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2007), reportaron pérdidas en la producción de almácigos. No obstante, la calidad de la plántula producida no ha sido estudiada hasta la fecha. Por ello es necesario generar este tipo de información que permita mejorar el actual sistema de producción de chile poblano en la zona de estudio. El objetivo de esta investigación fue estudiar algunos mecanismos para mejorar la calidad de plántulas producidas en almácigo, medida en tamaño y sanidad de plántula y evaluar la eficiencia de la tierra de bosque de encino (*Quercus* spp.) de la región como sustrato para la producción de plántulas en invernadero. Al respecto se postula que los resultados del estudio serían de utilidad para los productores de chile de la región, los principales afectados por el uso de plántulas de mala calidad durante el establecimiento de su cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó la calidad de plántulas producidas en charolas de poliestireno en invernadero y en almácigos establecidos en campo en respuesta a diferentes tratamientos que fueron el resultado de la combinación de los factores: sustrato, desinfestación de la semilla, variedad y fertilización, en

condiciones de invernadero; en almácigo, los factores evaluados fueron: desinfestación del suelo, desinfestación de la semilla, variedad y fertilización. La investigación se llevó a cabo durante los meses de febrero a octubre del 2008 en dos localidades del Estado de Puebla: San Lorenzo Chiautzingo ($19^{\circ} 12' 13''$ LN y $98^{\circ} 28' 03''$ LO) y San Mateo Capultitlán ($19^{\circ} 11' 42''$ LN y $98^{\circ} 24' 55''$ LO) (INEGI, 2005). Se utilizó semilla de chile poblano de dos variedades nativas de la región: criollo Chiautzingo (variedad 1) y criollo Cháhuac (variedad 2). Antes de la siembra las semillas se mantuvieron por 2 h en una solución de nitrato de potasio a 0.2 % en agua destilada, para eliminar la posible latencia de semillas (Macit, 1981). Posteriormente, 50 % de las semillas de cada variedad fue desinfestada con el fungicida Intergusán 3030® (i.a., Pentacloronitrobenceno + disulfuro de tetrametil tiuramen) en proporción de 2 g de producto por cada 10 g de semilla, con el propósito de protegerla contra el ataque de hongos fitopatógenos durante el proceso de germinación. El 50 % restante de las semillas no fue desinfestado.

En invernadero se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial $3 \times 2 \times 2 \times 3$ en parcelas sub-sub-subdivididas con dos repeticiones; la unidad experimental estuvo constituida por 40 cavidades de una charola de poliestireno con 200 cavidades con tres plántulas cada una. En la producción de plántulas en almácigo en campo se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial $4 \times 2 \times 2 \times 2$ en parcelas sub-sub-subdivididas con dos repeticiones. La unidad experimental consistió de aproximadamente 800 plántulas en un área de 0.09 m^2 . Se utilizaron dos repeticiones debido a la baja disponibilidad de semilla y a que con esto se obtuvieron plántulas suficientes para los fines del estudio. En invernadero la toma de datos se hizo a los 30 y 60 d después de la siembra, en una muestra aleatoria de 12 plántulas por unidad experimental, y en el almácigo en campo a los 47 y 74 d después de la siembra, en una muestra aleatoria de 20 plántulas por unidad experimental.

Producción de plántulas en invernadero

Los sustratos utilizados fueron "peat moss" (Premier Sphagnum® importado de Canadá), tierra de encino adquirida en un vivero de la localidad, y la mezcla de éstos en una proporción de 1:1; de los tres sustratos se tomaron muestras y se analizaron para determinar sus características físicas y químicas. La siembra se hizo en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con tres semillas por cavidad. Después de la siembra las charolas se apilaron y cubrieron con una capa de plástico transparente para aumentar la temperatura y evitar la desecación del sustrato hasta la emergencia de las plántulas. A partir de ésta se comenzó a aplicar un riego diario por aspersión manual.

La fertilización se aplicó en intervalos de 3 d a partir de los 17 d después de la emergencia de las plántulas. Se utilizó la fórmula 16N-40P-13K disuelta en agua y aplicada en el riego en la concentración 1 g L⁻¹, recomendada por Huerta *et al.* (2007), más una aplicación del fertilizante foliar Nitrofoska® a razón de 4 g L⁻¹. Los niveles de fertilización fueron: F1 (dos aplicaciones de la fórmula 16N-40P-13K más una aplicación de Nitrofoska®), F2 (tres aplicaciones de la fórmula 16N-40P-13K más una aplicación de Nitrofoska®) y un testigo (sin fertilización). El control preventivo de enfermedades fungosas consistió en tres aplicaciones del fungicida Captan® [N-(triclorometiltio) ciclohex-4-ene-1, 2-dicarboximida] a los 10, 20 y 30 d después de la emergencia de plántulas, en dosis de 10 g L⁻¹.

Producción de plántulas en almácigo en campo

Se construyó una cama de tierra de 13 m de largo por 1 m de ancho, dividida en ocho secciones de 1.6 × 1 m, las cuales fueron separadas entre sí con un segmento de lámina metálica enterrada verticalmente. Cada sección correspondió al área de una parcela grande y fueron desinfestadas un día antes de la siembra en los tratamientos que así lo requirieron. Para aplicar los diferentes tipos de desinfestación al suelo se removió la capa de 0 a 10 cm de todo el almácigo; el suelo a ser desinfestado con agua caliente se depositó dentro de un tonel metálico con 50 L de agua a 100 °C durante 30 min; posteriormente el suelo se regresó al lugar que le correspondía. La sección del suelo que se desinfestó con cal se mezcló con óxido de calcio (CaO) en proporción de 1000 g m⁻² y después se regó a capacidad de campo. La desinfestación con fungicida se hizo con Busan 30W® (2 tiocianometilbenzotiazol), el cual se aplicó en una solución de 6 mL L⁻¹ en un riego a capacidad de campo. La sección testigo (sin desinfestación) únicamente se regó a capacidad de campo.

La siembra se hizo manualmente distribuyendo 10 g de semilla en cada unidad experimental (parcelas pequeñas de 30 x 30 cm) y se cubrió con una fina capa de tierra; luego se cubrió el almácigo con una capa de plástico y sobre éste una segunda capa de tierra de 2 cm de espesor para mantener la humedad e incrementar la temperatura del almácigo (método tradicional de la región). Al iniciar la emergencia de plántulas, 25 d después de la siembra, se retiró la capa de tierra y plástico que cubrían al almácigo y se protegió con una malla antiáfidos. A partir de entonces se comenzó a aplicar un riego ligero con una regadera manual, diariamente durante los primeros 15 d; posteriormente se regó cada tercer día a capacidad de campo. Se fertilizó a través del riego a los 30, 33 y 41 d después de la emergencia de las plántulas con la fórmula 16N-40P-13K en concentración de 1 g L⁻¹, más una aspersión foliar de Nitrofoska® a los 36 d después de la emergencia, en concentración de 4.5 g L⁻¹. Se hizo una aplicación del insecticida Karate® (Lambda-

cihalotrina) en dosis de 1 mL L⁻¹ a los 45 d después de la emergencia, como control preventivo de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

Variables medidas

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, altura de plántula, peso seco de raíz y peso seco de la parte aérea, consideradas como variables importantes para evaluar la calidad de plántulas en chile (Momirovic *et al.*, 2000; Guzmán y Sánchez, 2003; Díaz *et al.*, 2008). Las plántulas de invernadero se extrajeron con el cepellón y éste se lavó con agua. En el almácigo de campo las plántulas se extrajeron del suelo a una profundidad de 15 cm para tratar de obtener la máxima cantidad de raíces.

La altura de plántula se midió de la base del tallo al ápice de la hoja más joven. El peso seco tanto de raíz como de parte aérea se obtuvo después de secar las plántulas a 50 °C durante 48 h en una estufa de aire caliente (SHEL LAB®, 1380FX, Sheldon Manufacturing, Inc.) y luego se pesaron en una báscula analítica (Explorer® Pro, Ohaus, EP214C). El porcentaje de germinación se obtuvo únicamente en el estudio de invernadero a los 30 d después de la siembra y se determinó con la proporción del número de semillas sembradas con respecto al total de plántulas emergidas. La sanidad sólo se evaluó en los experimentos de almácigo en campo mediante la proporción del número total de unidades experimentales establecidas con respecto al número de unidades con plántulas enfermas. En ambos métodos se hizo un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey con el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS

Invernadero

Se evaluó la calidad de plántulas de chile poblano obtenidas en dos condiciones de producción, charolas de poliestireno en invernadero y almácigos en campo. Los resultados presentados en este estudio corresponden a la evaluación que se hizo en ambos sistemas a los 60 y 74 d después de la siembra, respectivamente.

Las características químicas de los sustratos evaluados en invernadero se presentan en el Cuadro 1. El sustrato tierra de encino presentó un pH cercano al neutro, así como el mayor contenido de fósforo y potasio en comparación con los otros sustratos, pero también presentó el menor contenido de nitrógeno y de materia orgánica. El uso de "peat moss" en forma pura limitó la germinación y evitó por completo el desarrollo de las plántulas.

Cuadro 1. Características químicas de los sustratos evaluados.

Tipo de sustrato	pH	C E (dS m ⁻¹)	Nitrógeno Fósforo total (%) (mg kg ⁻¹)	Potasio (cmol kg ⁻¹)	MO (%)
Tierra de encino	5.84	2.58	0.66	156.70	1.39
Mezcla (MPT)	4.41	1.24	0.73	106.40	1.13
"Peat moss"	3.62	0.31	0.97	10.10	0.13

MPT = mezcla "peat moss" + tierra de encino 1:1; CE = conductividad eléctrica; MO = materia orgánica.

En el experimento de invernadero se detectaron efectos significativos de los factores principales y de varias interacciones en las cuatro variables evaluadas (Cuadro 2). El peso seco de la parte aérea fue la variable más informativa porque presentó diferencias significativas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$) en los factores principales y en sus interacciones, por lo que esta variable se consideró como la principal referencia de los resultados obtenidos. En la comparación de medias del estudio en invernadero sobresalen los tratamientos: sustrato tierra de encino, variedad 2, semilla sin desinfestación y fertilización F1 (dos aplicaciones de 16N-40P-13K más una aplicación foliar de Nitrofoska®), por dar los valores más altos para esta variable (Cuadro 3). Por ejemplo, la tierra de encino superó en 12 % la germinación y en 0.011 g el peso seco de la parte aérea en comparación con los valores registrados en la mezcla de "peat moss" con tierra de encino. La fertilización F1 superó al testigo y al nivel de fertilización F2 tanto en altura de plántula como en acumulación de materia seca, dos de los principales indicadores de vigor. Los resultados muestran que el sustrato tierra de encino, la fertilización F1 y la no desinfestación a la semilla favorecieron un mejor desarrollo de plántulas, conforme a las diferencias encontradas en tres de las cuatro variables evaluadas en cada uno de estos niveles.

Cuadro 2. Cuadros medios de la evaluación de plántulas de chile 'Poblano' producidas en invernadero.

Fuente de variación	gl	GR	AP	PSR	PSA
Sustrato (S)	1	1876.2***	18.637**	0.000007 ns	0.00132***
Variedad (V)	1	5061.4***	4.819 ns	0.000552***	0.00449***
Desinfestación a la semilla (DS)	1	1259.7***	12.638**	0.000188***	0.00094***
Fertilización (F)	2	0.8 ns	33.272***	0.000249***	0.00445***
SxV	1	15.3 ns	0.899 ns	0.000190***	0.00146***
SxDS	1	485.7***	1.212 ns	0.000184***	0.00046***
SxF	2	135.4***	2.072 ns	0.000030**	0.00050***
VxDS	1	3.4 ns	6.446*	0.000077***	0.00117***
VxF	2	123.9***	0.326 ns	0.000111***	0.00052***
DSxF	2	33.5 ns	0.683 ns	0.000007 ns	0.00008**
SxVxDS	1	453.2***	0.007 ns	0.000037***	0.00010**
SxVxF	2	68.9*	1.690 ns	0.000012 ns	0.00011***
VxDSxF	2	33.3 ns	0.809 ns	0.000062***	0.00009***
SxVxDSxF	4	58.2*	1.856 ns	0.000049***	0.00026***
CV (%)		6.4	10.36	5.68	5.70

CV = coeficiente de variación; gl = grados de libertad; GR = germinación; AP = altura de plántula; PSR = peso seco de raíz; PSA = peso seco de la parte aérea; ns = diferencia no significativa, * y ** y *** = diferencias significativas a $P \leq 0.05$, $P < 0.01$ y $P < 0.001$, respectivamente.

Cuadro 3. Comparación de medias de los factores evaluados en invernadero.

Factor de estudio	GR (%)	AP (cm)	PSR (g)	PSA (g)
Sustrato				
Tierra de encino	73 a	12.8 a	0.030 a	0.076 a
Mezcla (MPT)	61 b	11.5 b	0.029 a	0.065 b
Variedades				
Variedad 1	77 a	11.5 a	0.026 b	0.061 b
Variedad 2	57 b	12.5 a	0.033 a	0.080 a
Desinfestación a la semilla				
Con	62 b	12.7 b	0.027 b	0.066 b
Sin	72 a	11.6 a	0.031 a	0.075 a
Fertilización				
Sin	67 a	10.7 c	0.026 c	0.054 c
F1	67 a	13.6 a	0.033 a	0.087 a
F2	67 a	12.1 ab	0.029 b	0.071 b

GR = germinación; AP = altura de plántula; PSR = peso seco de raíz; PSA = peso seco de la parte aérea; MPT = mezcla "peat moss" + tierra de encino 1:1; F1 y F2 = niveles de fertilización. Medias con letras iguales dentro del mismo factor y columna no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

La interacción de los cuatro factores evaluados en invernadero (sustrato x variedad x desinfestación a la semilla x fertilización) en el peso seco de la parte aérea por planta (Figura 1A) y la interacción sustrato x variedad x desinfestación a la semilla en el porcentaje de germinación (Figura 1B), presentaron significancia estadística ($P \leq 0.001$) (Cuadro 2). La fertilización en general produjo mayor acumulación de materia seca que el testigo, en particular el nivel F1 porque registró valores más altos que F2 en siete de los ocho tratamientos evaluados. La interacción tierra de encino x semilla sin desinfestación x fertilización F1 aumentó el peso seco de las plántulas pero sólo en la variedad 2 criollo Cháhuac (Figura 1A); en cambio, la interacción tierra de encino x semilla sin desinfestación, aumentó la germinación en la mayoría de los tratamientos (Figura 1B). Estos resultados muestran el aumento en la acumulación de materia seca como efecto de la interacción entre la tierra de encino y la fertilización, así como un mayor porcentaje de germinación, mediante el uso de tierra de encino y semilla no desinfestada.

Almácigo en campo

Los resultados del análisis de varianza de los factores evaluados en almácigo, esto es la combinación de los factores localidad, desinfestación del suelo, variedad, desinfestación de la semilla y fertilización, se presentan en el Cuadro 4. Los factores localidad, desinfestación del suelo y fertilización presentaron diferencias estadísticas significativas en al menos una variable, pero no así sus interacciones. En este método la variable altura de plántula fue la más informativa porque dio diferencias significativas en desinfestación

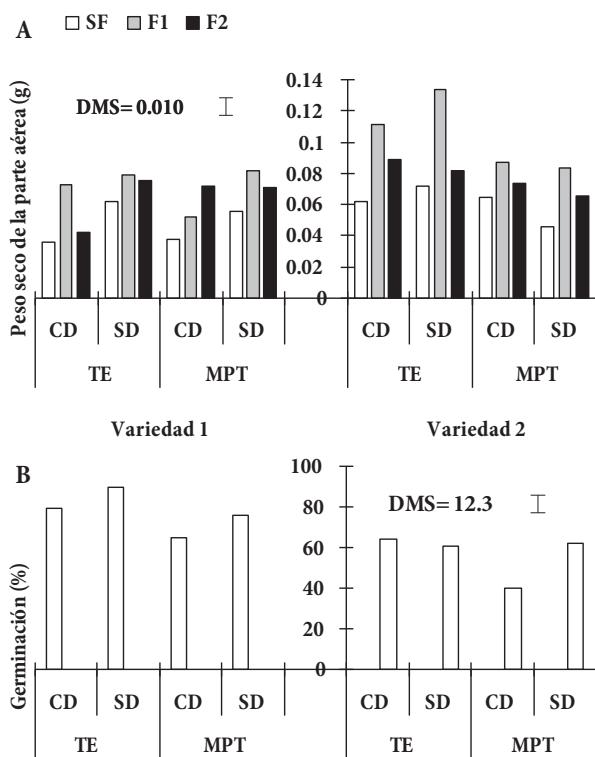


Figura 1. (A) Efecto de la interacción Sustrato x Variedad x Desinfestación de la semilla x Fertilización, en el peso seco de la parte aérea en plántulas de chile 'Poblano' producidas en invernadero. (B) Efecto de la interacción Sustrato x Variedad x Desinfestación de semilla, en la germinación en invernadero. SF = sin fertilización; F1, F2 = niveles de fertilización; TE = tierra de encino; MPT = mezcla "peat moss" + tierra de encino 1:1; CD = con desinfestación de semilla; SD = sin desinfestación de semilla; DMS = diferencia mínima significativa.

al suelo ($P \leq 0.01$) y en fertilización ($P \leq 0.001$); por ello se utilizó como la principal referencia de los resultados obtenidos en almácigo. De las fuentes de variación únicamente la fertilización se presentó como precursor de cambios estadísticamente significativos en dos variables indicadoras del vigor.

La comparación de medias de los factores: localidad, desinfestación del suelo, variedad, desinfestación de la semilla y fertilización, se presentan en el Cuadro 5. La acumulación de materia seca fue mayor en las plántulas producidas en la localidad de San Mateo Capultitlán; la desinfestación del suelo con agua caliente propició una mayor altura de plántulas; la fertilización, además de incrementar la altura, también aumentó el peso seco de la parte aérea en 19 % con respecto al testigo. Nuevamente, estos resultados indican un efecto positivo de la fertilización en la calidad fisiológica de las plántulas.

El efecto de la interacción de los cuatro factores evaluados en almácigo en la variable altura de plántula (Figura 2),

Cuadro 4. Cuadros medios de plántulas de chile 'Poblano' producidas en almácigo en campo.

Fuente de variación	gl	AP	PSR	PSA
Localidad (L)	1	0.0983 ns	0.0359***	0.090***
Desinfestación al suelo (SU)	3	0.8278**	0.0020 ns	0.0024 ns
Variedad (V)	1	0.0006 ns	0.0015 ns	0.0068 ns
Desinfestación a La semilla (DS)	1	0.0025 ns	0.0009 ns	0.0015 ns
Fertilización (F)	1	2.530***	0.0014 ns	0.0352 *
LxSU	3	0.1992 ns	0.0012 ns	0.0068 ns
LxV	1	0.0020 ns	0.0009 ns	0.0026 ns
LxDS	1	0.0371 ns	0.0006 ns	0.0052 ns
LxF	1	0.1362 ns	0.0009 ns	0.0007 ns
SUxV	3	0.0563 ns	0.0006 ns	0.0005 ns
SUxDS	3	0.0249 ns	0.0004 ns	0.0008 ns
SUxF	3	0.2621 ns	0.0021 ns	0.0111 ns
VxDS	1	0.0017 ns	0.0028 ns	0.0002 ns
VxF	1	0.0008 ns	0.0007 ns	0.0011 ns
DSxF	1	0.0114 ns	0.0003 ns	0.0021 ns
LxSUxV	3	0.0542 ns	0.0004 ns	0.0050 ns
LxSUxDS	3	0.0857 ns	0.0012 ns	0.0020 ns
LxSUxF	3	0.0122 ns	0.0011 ns	0.0033 ns
SUxVxDS	3	0.0225 ns	0.0001 ns	0.0008 ns
SUxVxF	3	0.0715 ns	0.0003 ns	0.0045 ns
VxDSxF	1	0.0240 ns	0.0008 ns	0.0010 ns
LxSUxVxDS	4	0.0821 ns	0.0009 ns	0.0042 ns
LxSUxVxF	4	0.0529 ns	0.0003 ns	0.0011 ns
SUxVxDSxF	6	0.1223 ns	0.0017 ns	0.0075 ns
LxSUxVxDSxF	1	0.0494 ns	0.0004 ns	0.0018 ns
CV (%)		9.9	21.1	24.7

CV = coeficiente de variación; gl = grados de libertad; AP = altura de plántula; PSR = peso seco de raíz; PSA = peso seco de parte aérea; ns = diferencia no significativa; *, ** y *** = diferencias significativas a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente.

indica que la altura aumentó por efecto de la fertilización en la mayoría de los tratamientos. Sin embargo, esta interacción no fue significativa en las variables evaluadas (Cuadro 4).

Respecto a sanidad, los resultados indicaron 12 % de tratamientos con plántulas enfermas en el suelo desinfestado con agua caliente, 15 % en el suelo desinfestado con cal, 25 % en el suelo desinfestado con fungicida y 25 % en el suelo sin desinfestación. Es decir, tendió a haber menos plántulas enfermas en el suelo tratado con agua caliente.

En general, en invernadero hubo mayor porcentaje de germinación, mayor altura y mayor acumulación de materia seca en plántulas desarrolladas en el sustrato tierra de encino, mientras que en almácigo la desinfestación del suelo con agua caliente tendió a reducir el porcentaje de plántulas enfermas, y en ambas condiciones la fertilización incrementó la altura y la acumulación de materia seca.

Cuadro 5. Comparación de medias de los factores evaluados en almácigo.

Factor de estudio	AP (cm)	PSR (g)	PSA (g)
Localidad			
Sn. L. Chiautzingo	16.67 a	0.035 b	0.106 b
Sn. M. Capultitlán	16.71 a	0.051 a	0.152 a
Desinfestación al suelo			
Agua caliente	18.63 a	0.045 a	0.140 a
Fungicida	17.27ab	0.046 a	0.130 a
Cal	15.80 b	0.043 a	0.124 a
Testigo	15.07 b	0.037 a	0.122 a
Variedad			
Variedad 1	16.95 a	0.042 a	0.125 a
Variedad 2	16.43 a	0.044 a	0.133 a
Desinfestación a la semilla			
Con	16.96 a	0.044 a	0.132 a
Sin	16.42 a	0.041 a	0.126 a
Fertilización			
Con	18.07 a	0.045 a	0.142 a
Sin	15.32 b	0.041 a	0.116 b

AP = altura de plántula; PSR = peso seco de raíz; PSA = peso seco de la parte aérea. Medias con letras iguales dentro del mismo factor y columna no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

DISCUSIÓN

La fertilización mejoró la calidad de plántula en almácigo, mientras que en invernadero la calidad de éstas dependió tanto de la fertilización como del sustrato. Dado que la producción de sustratos ha llegado a ser una industria especializada cuyo objetivo es ganar mercado con productos cada vez más eficientes en la producción y propagación de especies hortícolas, aquí se esperaba obtener plántulas de mejor calidad con el sustrato comercial. Sin embargo, éste limitó la germinación y afectó el desarrollo de las plántulas, probablemente debido a su excesiva acidez ya que registró un pH (3.6) por debajo de los valores recomendados, mis-

mos que varían de 5.3 a 6.5 (Cedón *et al.*, 2008).

Los mejores resultados se obtuvieron con el sustrato tierra de encino, en el cual se tuvo el mayor porcentaje de germinación y las plántulas presentaron mayor altura y mayor acumulación de materia seca. Porcentajes de germinación bajos y erráticos en semillas de chile han sido atribuidos al contenido de sustancias inhibidoras en sus cubiertas (Saleh *et al.*, 1996). Los tratamientos a las semillas con alguna solución de sales de potasio pueden incrementar el porcentaje de germinación (Macit, 1981). La presencia de sales en la tierra de encino, como lo indica su conductividad eléctrica (2.58 dS m^{-1}), más el pH de 5.8, podrían explicar el mayor porcentaje de germinación y el mejor desarrollo de las plántulas, posiblemente por tener mayor contenido de nutrientes que la mezcla de "peat moss" y tierra de encino, así como la actividad microbiana en este sustrato.

Estos resultados podrían variar si se usa un sustrato comercial con otras características fisicoquímicas o tierra de encino de otro origen por lo que conviene evaluar otros materiales que puedan ser utilizados como sustratos en la producción de plántulas, materiales de amplia y fácil disponibilidad, de bajo costo, de producción sostenible y mínimo impacto ecológico en la región. Por ejemplo, es posible utilizar mezclas de arena, estiércol de ganado y aves, suelo, rastrojo y materiales compostados, de tal forma que se generen opciones viables acordes con la condición socioeconómica de la región, y que reduzcan los costos de la producción de plántula en invernadero sin afectar su calidad.

La fertilización mejoró la calidad de las plántulas en ambos métodos (invernadero y campo). Mayor altura y mayor acumulación de materia seca indican mejor calidad e idoneidad para el trasplante (Herrera *et al.*, 2008; Rosca, 2009).

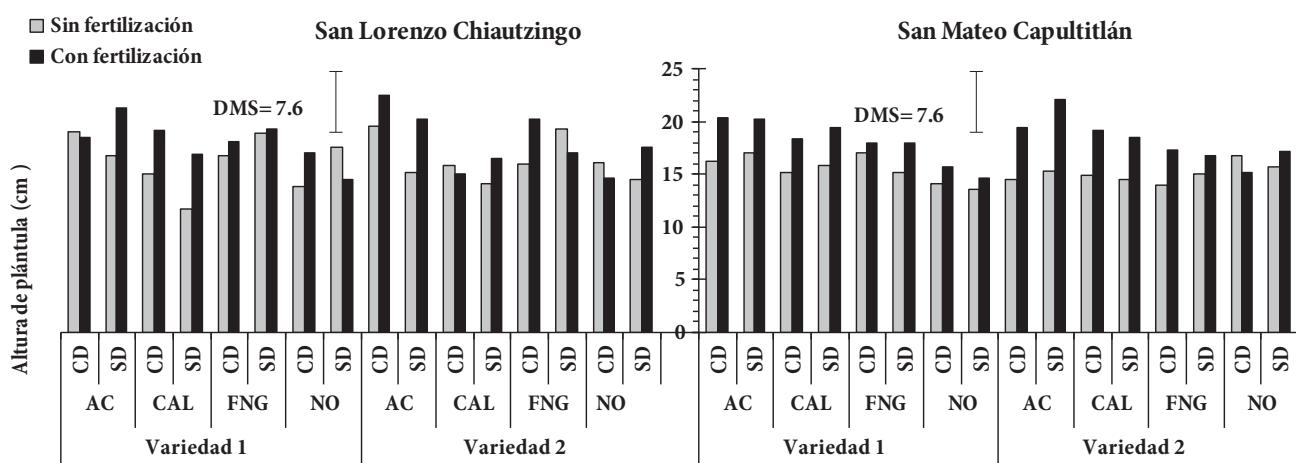


Figura 2. Efecto de la interacción Localidad x Desinfestación del suelo x Variedad x Desinfestación de semilla x Fertilización, en la altura de plántulas en almácigo de chile 'Poblano'. CD = con desinfestación de semilla; FNG = suelo tratado con fungicida; SD = sin desinfestación de semilla; CAL = suelo tratado con cal; AC = suelo desinfestado con agua caliente; NO = testigo; DMS = diferencia mínima significativa.

En almácigo, la fertilización aumentó la altura y el peso seco de la parte aérea, pero no el peso seco de raíz. En invernadero se esperaba que tres aplicaciones de la fórmula 16N-40P-13K generaran las plántulas de mejor calidad; no obstante, la mejor calidad se obtuvo con sólo dos aplicaciones, tal vez por un menor requerimiento de nutrientes del material genético aquí utilizado o por un efecto negativo por aumento de la salinidad. Por ello se deben evaluar nuevas dosis y fuentes de nutrientes.

Finalmente, con respecto a la desinfestación del suelo con agua caliente en el experimento en almácigo, Sonneveld y Voogt (2009) demostraron que este tratamiento, además de eliminar patógenos, también aumenta la cantidad de materia orgánica soluble, así como las cantidades de N y Mn, en formas disponibles para las plantas; tal vez esto explicaría el mayor vigor de las plántulas obtenidas mediante ese tratamiento, o por su contribución al control de enfermedades, aspectos que deben ser estudiados más a fondo.

Este estudio aporta un nuevo conocimiento enfocado a resolver la problemática que enfrenta la producción de chile 'Poblano' en la Sierra Nevada del Estado de Puebla y se espera sirva de apoyo a nuevas investigaciones que aporten más explicaciones y resultados prácticos a las condiciones de la región.

CONCLUSIONES

Con la fertilización es posible mejorar la calidad de plántulas de chile 'Poblano' producidas en almácigos establecidos en campo, condición en la que desinfestar el suelo con agua caliente podría reducir la incidencia de enfermedades de la raíz. En invernadero, la tierra de encino de la región representa una alternativa viable como sustrato para la producción de plántulas debido a que da mejor resultado que la mezcla de suelo con "peat moss".

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor y a los productores participantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Aloni B, T Pashkar, L Karni (1991) Nitrogen supply influences carbohydrate partitioning of pepper seedlings and transplant development. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:995-999.
- Ben-Yephet Y, M Reuven, A Zviebil, Y Szmulewicz, I Lavkovits, T Markovits, S Soriano, B Bar-Yosef (2006) Effect of nutrition on deformation disease in *Gypsophila paniculata* mother plants. Phytopathology 96:771-776.
- Cedón Y, A Moldes, M T Barral (2008) Evaluation of municipal solid waste compost as a growing media component for potted plant production. Acta Hort. 779:591-598.
- De Gracia J, P A Tittonell, A Chiesa (2008) Nitrogen fertilization methods affect growth of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) transplants. Acta Hort. 782:193-199.
- Díaz P J C, D M Granberry, P Germishuizen (2008) Transplant growth and stand establishment of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants as affected by compost-amended substrate. Acta Hort. 782:223-228.
- Dufault R J (1998) Vegetable transplant nutrition. HortTechnology 8:515-523.
- Elmer W H (1997) Influence of chloride and nitrogen form on Rhizoctonia rot and crown rot of table beets. Plant Dis. 81:635-640.
- González P E, M J Yáñez Morales, V Santiago Santiago, A Montero Pineda (2004) Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. Agrociencia 38:653-661.
- Guzmán M, A Sánchez (2003) Influence of nitrate and calcium increments on development, growth and early yield in sweet pepper plants. Acta Hort. 609:207-211.
- Herrera F, J E Castillo, A F Chica, L López Bellido (2008) Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. Bioresource Technol. 99:287-296.
- Huerta P A, S Fernández R, I Ocampo F (2007) Manual de Chile Poblano, Importancia Socioeconómica y Cultural. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Fundación Produce Puebla, A. C. México. 70 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2005) Integración Territorial del Estado de Puebla. II Conteo de Población y Vivienda. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp>. (Julio 2009).
- Macit F (1981) Stimulation of pepper seed germination by some chemicals and growth regulators. Acta Hort. 111:139-140.
- Momirovic N, M Misovic, R Cvetkovic (2000) Effect of different substrates on sweet pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Macvanka) transplants quality in organic farming production. Acta Hort. 533:135-139.
- Nicola S, L Bassocu (1994) Pretransplant nutricional conditioning affects pepper seedling growth and yield. Acta Hort. 361:519-526.
- Noordegraaf C V (1994) Production and marketing of high quality plants. Acta Hort. 353:134-148.
- Rodríguez J, B V Peña O, A Gil M, B Martínez C, F Manzo, L Salazar L (2007) Rescate *in situ* del chile poblano en Puebla, México. Rev. Fitotec. Mex. 30:25-32.
- Rosca V (2009) Optimization of nitrogen concentration in the fertilization solution for production of seedlings in cell trays. Acta Hort. 807:613-618.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2007) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: http://reportes.siap.gob.mx/agricola_siap/ictivo/index.jsp. (Julio 2009).
- Sallaku G, A Bani, A Balliu (2009) The effects of N concentration in pre-transplant nutrient solution on the N use efficiency and dry mass partitioning of vegetable solanaceae seedlings. Acta Hort. 830:405-412.
- Saleh M M, A F Abou-Hadid, A S El-Beltagy (1996) Sweet pepper emergence and seedling growth after seed pre-germination. Acta Hort. 434:335-340.
- SAS Institute Inc. (2004) SAS/STAT 9.1. Cary, NC, USA.
- Sonneveld C, W Voogt (2009) Chemical Effects of Disinfestation. In: Plant Nutrition of Greenhouse Crops. C. Sonneveld, W Voogt (eds). Springer. New York, USA. pp:203-225.
- Velasco V A (1999) Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. Terra Latinoam. 3:193-200.