

FECHA DE TRASPLANTE, BORO, POTASIO Y PODA EN LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE *Physalis peruviana* L. EN HIDROPONÍA E INVERNADERO

DATE OF TRANSPLANT, BORON, POTASSIUM AND PRUNING EFFECT ON THE HYDROPONIC *Physalis peruviana* L. FRUIT PRODUCTION IN GREENHOUSE

J. Elias Sabino-López¹, Manuel Sandoval-Villa^{1*}, Gabriel Alcántar-González¹, Carlos Ortiz-Solorio¹,
Mateo Vargas-Hernández², Teresa Colinas-León²

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. 56230. Montecillo, Estado de México, México (msandoval@colpos.mx). ²Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 56230.

RESUMEN

Physalis peruviana L., es un arbusto nativo de los Andes con potencial comercial en el mercado mexicano. Su cultivo en México y el mundo depende del clima, el sistema de producción y la tecnología utilizada para incrementar su productividad. El objetivo de este estudio fue evaluar la fecha de trasplante (FT), la aplicación de boro foliar (B) y potasio (K) en la solución nutritiva, y poda, en la producción de frutos en hidroponía e invernadero. El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados, con plantas de la variedad Colombia. El diseño experimental fue de parcelas divididas: la parcela grande fue la fecha de trasplante, junio, julio y agosto de 2013; la parcela chica fue la combinación B (0, 1, 3 mg L⁻¹), K (3.5 y 7 meq L⁻¹) y poda (poda a 3 tallos y sin poda). Las variables evaluadas fueron el peso fresco de frutos con (PFC) y sin cáliz (PFSC), el número (NF), el peso promedio (PPF) y el número de frutos agrietados (FA), durante dos meses de cosecha. **Los trasplantes tempranos (junio y julio) y con dosis alta de B presentaron el mayor rendimiento de fruto.** Sin embargo, en el trasplante tardío (agosto) las plantas sin suministro foliar de B lograron el mayor rendimiento. El B disminuyó el número de frutos agrietados en plantas del trasplante temprano. El suministro de 7 meq L⁻¹ de K redujo el número de frutos con y sin cáliz en las dos primeras fechas, y 3.5 meq L⁻¹ de K disminuyó el número de frutos agrietados en la segunda fecha. La poda no cambió el peso medio de los frutos, pero redujo el rendimiento en la segunda fecha de trasplante y disminuyó 50 % el número de frutos agrietados.

Palabras clave: *Physalis peruviana*, uchuva, rendimiento en respuesta a la fertilización, agrietamiento del fruto.

ABSTRACT

Physalis peruviana L. is a native shrub to the Andes area, with commercial potential in Mexican markets. Its cultivation depends on the climate, its production system and the technology used to increase its productivity. The objective of this study was to evaluate the effect of transplant date (TD), application of foliar boron (B) and potassium (K) in the nutrient solution, and pruning, during hydroponic fruits production in greenhouse. We carried out the study at the Colegio de Postgraduados, with plants of the "Colombia" variety. The experimental design consisted on divided plots: the large plot was the transplant date, June, July and August 2013; the small plot was the combination of B (0, 1, 3 mg L⁻¹), K (3.5 and 7 meq L⁻¹) and pruning (maintaining three stems and no pruning). The evaluated variables were fruits fresh weight with calyx (FWC) and without calyx (FWWC), fruit number (FN), fruit average weight (FAW) and number of cracked fruits (CF) during a two-month harvest period. The early transplants (June and July) with high B doses showed the highest fruit yield. However, during the late transplant (August) the plants without B foliar supply achieved the highest yield. B decreased the number of CF in early transplant. The supply of 7 meq L⁻¹ of K reduced the number of FWC and FWWC in the first two dates, and 3.5 meq L⁻¹ of K decreased the number of CF at the second date. Pruning did not change FAW, but reduced the yield on the second transplant date and decreased the number of CF by 50 %.

Key words: *Physalis peruviana*, uchuva, yield in response to fertilization, fruit cracking.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: julio, 2016. Aprobado: junio, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 255-265. 2018.

INTRODUCCIÓN

Physalis peruviana L., llamada comúnmente uchuva, es una planta de crecimiento indeterminado (Fischer *et al.*, 2011), originaria del Perú y Chile, cuyo fruto se consume en fresco, y se usa en la industria para la elaboración de bebidas, yogurts y mermeladas (Ramadan, 2011), por lo cual aumentó la demanda de este fruto en los mercados especializados, proyectando un futuro favorable como cultivo comercial (Singh *et al.*, 2012). Por esta razón se ha introducido en otras áreas geográficas del mundo con diversos climas (Morton, 2004) y su éxito en adaptación y producción depende del genotipo usado (Criollo *et al.*, 2014), de las condiciones climáticas, del sistema de producción y de la tecnología utilizada en este cultivo (Panayotov y Popova, 2014a). Por eso es importante considerar que las prácticas agronómicas pueden mejorar algunos aspectos productivos de *P. peruviana* L. (Muniz *et al.*, 2014), a través del sistema de conducción o tutorado (Muniz *et al.*, 2011), de la poda (Fischer *et al.*, 2011; Criollo *et al.*, 2014) y con estrategias de manejo integrado de nutrientes que optimicen la producción de este cultivo (Sandhu y Gill, 2011), principalmente el potasio (K) cuya demanda es alta para este cultivo (Torres *et al.*, 2004) para los procesos de regulación osmótica (Miranda *et al.*, 2010), y el boro (Bo), importante en la traslocación de carbohidratos, y cuya deficiencia disminuye el tamaño y peso de los frutos y afecta la arquitectura de la planta (Martínez *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2009). Entre las estrategias para aumentar la producción de *P. peruviana*, el ambiente puede modificarse por la época de plantación (Lima *et al.*, 2010) y la productividad es el principal indicador para evaluar los efectos de las prácticas agrotecnológicas (Panayotov y Popova, 2014b).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fecha de trasplante, suministro de K, Bo y poda sobre la producción de frutos de *P. peruviana* L., en hidroponía e invernadero. La hipótesis fue que la fecha de trasplante, la poda, K y Bo afectan el rendimiento y calidad de los frutos de uchuva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, ubicado en 19° 29' 05"

INTRODUCTION

Physalis peruviana L., commonly called "uchuva", is an indeterminate growth plant (Fischer *et al.*, 2011). Originally, from Peru and Chile, its fruits are consumed fresh and industrially used for beverages manufacture, yogurts, and jams (Ramadan, 2011). These have increased its demand in specialized markets, projecting a favorable future as a commercial crop (Singh *et al.*, 2012). For this reason, it is now introduced in other geographical areas with diverse climates (Morton, 2004). Its success, adaptation, and production depend on the used genotype (Criollo *et al.*, 2014), climatic conditions, the production system and of the technology used in this crop (Panayotov and Popova, 2014a). For these reasons it is important to consider that the agronomic practices can improve some productive aspects of *P. peruviana* L. (Muniz *et al.*, 2014), like conduction systems or tutoring (Muniz *et al.*, 2011), pruning (Fischer *et al.*, 2011; Criollo *et al.*, 2014) and integrated nutrient management strategies that optimize the crop yield (Sandhu and Gill, 2011). Such management is mainly on potassium (K) whose demand is high in this crop (Torres *et al.*, 2004) due the osmotic regulation processes (Miranda *et al.*, 2010), and boron (B), important for carbohydrates translocation, and whose deficiency decreases the fruits size and weight and affects plant architecture (Martínez *et al.*, 2008 and 2009). Among the strategies to increase *P. peruviana* production, the environment can be modified by the planting season (Lima *et al.*, 2010) and productivity is the main indicator to evaluate the effects of agrotechnological practices (Panayotov and Popova, 2014b).

Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of the transplant date, K and B supply, and pruning on the fruit production and yield of *P. peruviana* L., in greenhouse hydroponic systems. We hypothesized that the date of transplant, pruning, K and B supply affect the yield and quality of uchuva fruits.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out at the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de Mexico, located at 19° 29' 05" N and 98° 54' 09" W, 2242 m altitude, at a 720 μ m plastic zenithal greenhouse, with 85 % transmittance and 15 % reflectance,

N y 98° 54' 09" O, a una altitud de 2242 m, en un invernadero cenital con plástico de 720 μm , con 85 % de trasmittancia y 15 % de reflectancia y temperatura media mensual de 21.6 °C y humedad relativa de 72.9 % del aire dentro del invernadero, registros que se obtuvieron con un datalogger (Figura 1, Sabino-López *et al.*, 2016).

Los semilleros se establecieron el 12 de abril, 12 de mayo y 12 de junio de 2013 en charolas de unícel de 200 cavidades llenadas con turba, en las cuales se colocaron semillas de *P. peruviana* variedad Colombia y se cubrieron con el mismo sustrato. La emergencia ocurrió a los 15 d después de la siembra (dds) en todas las fechas de siembra. El trasplante se realizó a los 30 dds en cada caso: 18 de junio, 18 de julio y 18 de agosto de 2013. En cada bolsa de polietileno negro, capacidad de 9 L, se colocó una planta y se llenó con tezontle rojo con partículas con diámetro menor a 1 cm. La densidad de plantación fue de 5 plantas m^{-2} . Cuatro riegos de 15 min por día se realizaron con goteros de 4 L h^{-1} , con solución nutritiva de Steiner (1984)³, al 50 % de su concentración original (Gastelum *et al.*, 2013).

Los factores estudiados fueron: fecha de trasplante (día 18 de junio, julio o agosto), concentración de K en la solución nutritiva (3.5 o 7 meq L^{-1}), concentración de Bo en una solución asperjada

average monthly temperature of 21.6 °C and greenhouse relative humidity of 72.9 %. Records were obtained with a datalogger (Figure 1; Sabino-López *et al.*, 2016).

The nurseries were established on April 12, May 12 and June 12, 2013, in 200-well unícel trays filled with peat, in which seeds of *P. peruviana* variety Colombia were placed and covered with the same substrate. Plant emergency occurred 15 d after sowing (das) on all the sowing dates. The seedling transplant occurred at 30 das in each case: June 18, July 18 and August 18, 2013. In each 9 L capacity black polyethylene bag a plant was placed and filled with red tezontle, with particle diameters of less than 1 cm. Planting density was of five plants m^{-2} . Four 15 min per day irrigations were carried out with 4 L h^{-1} drippers with 50 % concentration (Gastelum *et al.*, 2013) Steiner nutrient solution (1984)³.

The factors studied were transplant date (June 18, July or August), K concentration in the nutritious solution (3.5 or 7 meq L^{-1}), B concentration in the sprinkled foliage solution (0, 1 or 3 mg L^{-1}) and pruning level (three stems or no pruning), K supplied by the nutrient solution. The foliar morning spray with B adjusted to pH 5 solution started three weeks after each transplant, and at a two-week interval. Pruning was performed

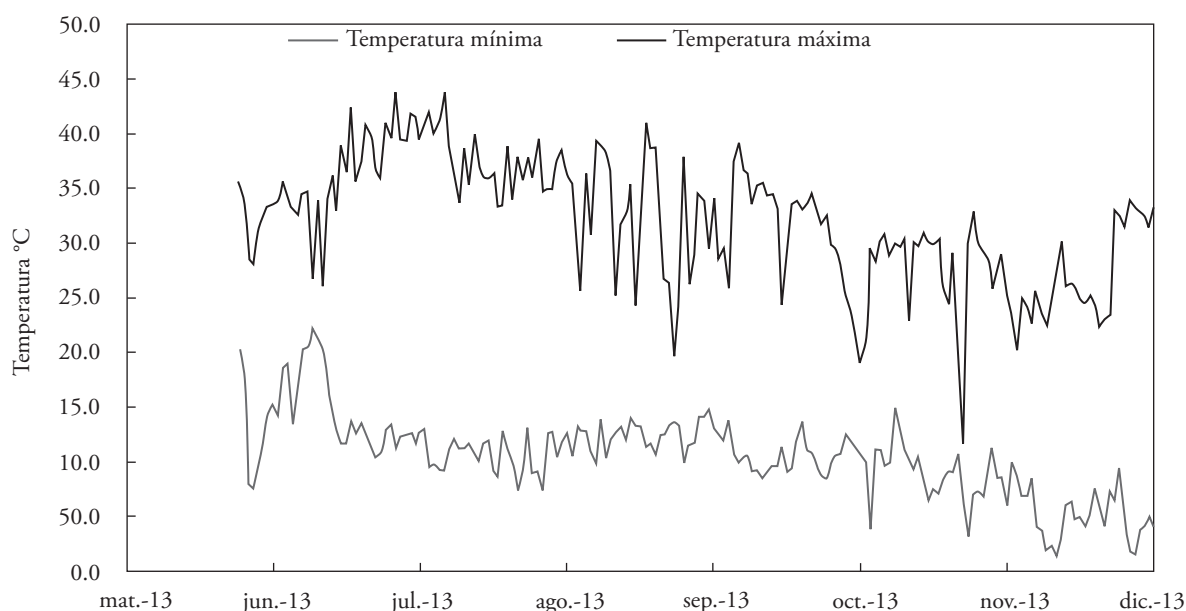


Figura 1. Temperatura máxima y mínima diaria del aire (°C) en un invernadero con el cultivo de *Physalis peruviana* L. en el ciclo de cultivo 2013.

Figure 1. Maximum and minimum greenhouse daily air temperature (°C) with the cultivation of *Physalis peruviana* L. during the 2013 growing season.

³Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Proc. 6th Int. Congress on Soilless Culture. ISOSC. Wageningen. The Netherlands. pp: 633-649.

en el follaje ($0, 1$ o 3 mg L^{-1}) y nivel de poda (a tres tallos o sin poda). El K se suministró mediante la solución nutritiva y la aspersión foliar con B inició tres semanas después de cada fecha de trasplante, y con frecuencia de cada dos semanas, por la mañana, ajustando a 5 el pH de la solución a asperjar. La poda se realizó después del primer mes de trasplante en cada fecha, dejando tres ramas principales que dieron origen a otras ramas secundarias.

El diseño experimental fue de parcelas divididas: las parcelas grandes fueron las fechas de siembra y las parcelas chicas fue la combinación factorial de los niveles de B, K y poda. Las parcelas grandes se arreglaron como un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y la unidad experimental fue una maceta (planta). Las cosechas se realizaron el 27 de octubre, 16 de noviembre y 18 de diciembre de 2013, de acuerdo con sus fechas cronológicas de siembra. Las variables evaluadas fueron: biomasa fresca del fruto con cáliz (PFC) y sin cáliz (PFSC), número de frutos (NF), peso promedio de fruto (PPF) y número de frutos agrietados (FA), durante dos meses de cosecha, en cada fecha de trasplante.

Con los datos se realizó primero una prueba de bondad de ajuste para determinar la mejor estrategia estadística para el análisis, luego se hizo un ANDEVA y comparación de medias con la prueba de Fischer ($p \leq 0.05$), con el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la fecha de trasplante en la producción de *Physalis peruviana* L.

Las variables de rendimiento presentaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) por efecto de la fecha de trasplante (Cuadro 1). El rendimiento fue menor a los $1000 \text{ g planta}^{-1}$ en las de trasplante temprano, en la segunda fecha de trasplante se rebasó el

after the first month from transplant to the date, leaving only three main branches that gave rise to secondary branches.

The experimental design was on divided plots: large plots were the sowing dates and small plots a factorial combination of B, K and pruning levels. The large plots arranged as a randomized complete block design with three replications and a pot (plant) as the experimental unit. The harvests occurred on October 27, November 16 and December 18, 2013, according to their chronological sowing dates. The evaluated variables were: fresh fruit biomass with calyx (FWC) and without calyx (FWC), number of fruits (NF), average fruit weight (AFW) and number of cracked fruits (CF), for two harvest months, on each transplant date.

With the data, a goodness-of-fit test was first performed to determine the best statistical strategy for the analysis, then an ANOVA and a means comparison with the Fischer test ($p \leq 0.05$) were performed using the SAS software version 9.4 (SAS Institute, 2009).

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of transplant date on the *Physalis peruviana* L. production

The variables of yield showed statistical differences ($p \leq 0.05$) due to the effect of the transplant date (Table 1). The yield was lower than 1000 g per plant in the early transplant. The second transplant date exceeded the yield of the first; however, fruit production decreased almost by 50 % in the last sampling date. The highest fruits number was on the second transplant date, although the largest amount of CF was also present on the second date.

The lowest yield was obtained on the third transplant date, and it was attributed to temperature

Cuadro 1. Efecto de la fecha de trasplante de *Physalis peruviana* L. sobre el rendimiento de frutos.

Table 1. Transplant date effect on *Physalis peruviana* L. on fruit yield.

Fecha de trasplante	PFC (g planta ⁻¹)	PFSC (g planta ⁻¹)	Número de frutos por planta	PPF (g)	Frutos agrietados
Junio 18	992.1 b	865.0 b	245 a	3.6 c	11 b
Julio 18	1052.7 a	935.7 a	229 a	4.1 b	23 a
Agosto 18	609.0 c	554.0 c	120 b	4.6 a	7 c
DMS	52.0	68.0	29	0.5	3

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (DMS, Fisher; $p \leq 0.05$). PFC: peso de frutos con cáliz; PFSC: peso de frutos sin cáliz; PPF: peso promedio de fruto. ♦ Values with a different letter in a column are statistically significant (DMS, Fisher, $p \leq 0.05$). PFC: weight of fruits with calyx; PFSC: fruit weight without calyx; PPF: average fruit weight.

rendimiento de la primera; sin embargo, la producción de frutos disminuyó casi 50 % para las plantas de la última fecha de muestreo. El mayor número de frutos se tuvo en la segunda fecha de trasplante aunque también en ésta se presentó la mayor cantidad de frutos agrietados.

El rendimiento menor se obtuvo en la tercera fecha de trasplante y se atribuye a una disminución de la temperatura durante el desarrollo del cultivo (Figura 1) ya que la temperatura base se ubica entre 13 y 16 °C y temperaturas muy bajas, cerca de 0 °C o menores queman la planta (Fischer *et al.*, 2014). Sin embargo, Salazar *et al.* (2008) encontraron que la temperatura fisiológica base para el cultivo (inserción de nuevos nudos en el tallo) es 6.29 °C. A pesar de esta disminución de la temperatura, en esa fecha se alcanzó el mayor peso medio de frutos y se presentó la menor cantidad de frutos agrietados, lo cual concuerda con el informe de Fischer y Melgarejo (2014) de que la temperatura máxima para obtener la producción óptima de fruto es menor a 30 °C, aunque se obtienen resultados aceptables con 35 °C. Estos resultados se relacionan con la variación del ambiente durante el desarrollo del cultivo (Ojeda *et al.*, 2012), afectados por la temperatura, la eficiencia del cultivo para utilizar la radiación, la cual aumenta o baja debido a la poda, ya que este cultivo se clasifica como de día corto (Hernández y Soto, 2012a; Soto y Hernández, 2012), y que influyen en la producción, especialmente en cultivos en invernadero (Conti *et al.*, 2015), lo que modifica el rendimiento y la producción de biomasa (Hernández y Soto, 2012b). En el caso de *P. peruviana* la producción está condicionada por la temperatura mínima (Fischer y Melgarejo, 2014), que si es menor de 6.29 °C (temperatura base), se detiene el envío de fotosintatos a los puntos de crecimiento como los frutos y semillas y, en consecuencia, puede disminuir la producción la producción (Muniz *et al.*, 2011), lo cual ocurrió a partir del 13 de octubre (Figura 1).

La producción de frutos agrietados en *P. peruviana* se atribuye a cambios en el régimen de humedad en el suelo y a la humedad relativa de la atmósfera (óptimo va de 70 a 80 %; Fischer y Miranda, 2012); en nuestra investigación, la humedad relativa (Figura 2) fue menor al óptimo para las primeras fechas de trasplante. Cooman *et al.* (2005) atribuyen el problema de los frutos agrietados a factores genéticos y nutricionales; en nuestro estudio el agrietamiento de

decrease during the crop development (Figure 1), given that the base temperature was between 13 and 16 °C, and lower temperatures, close to 0 °C or lower burn the plant (Fischer *et al.*, 2014). However, Salazar *et al.* (2008) found that the physiological base temperature for the crop (insertion of new knots in the stem) is 6.29 °C. Despite this temperature decrease, on that date, the reached highest AFW and the least amount of CF was presented, which agrees with that reported by Fischer and Melgarejo (2014) since the maximum temperature to obtain optimum fruit production is less than 30 °C, although acceptable results are obtained at 35 °C. These results relate to environmental variation during crop development (Ojeda *et al.*, 2012), affected by temperature, crop efficiency to use radiation, which increases or decreases due to pruning, since this crop is classified as short-day (Hernández and Soto, 2012a; Soto and Hernández, 2012), and they influence production, especially in greenhouse crops (Conti *et al.*, 2015), which modifies yield and biomass production (Hernández and Soto, 2012b). Production in *P. peruviana* is conditioned by minimum temperature (Fischer and Melgarejo, 2014), which if lower than 6.29 °C (base temperature), photosynthates flow to the growing tissues such as fruit and seeds stops and, consequently, production may decrease (Muniz *et al.*, 2011), which occurred as of October 13 (Figure 1).

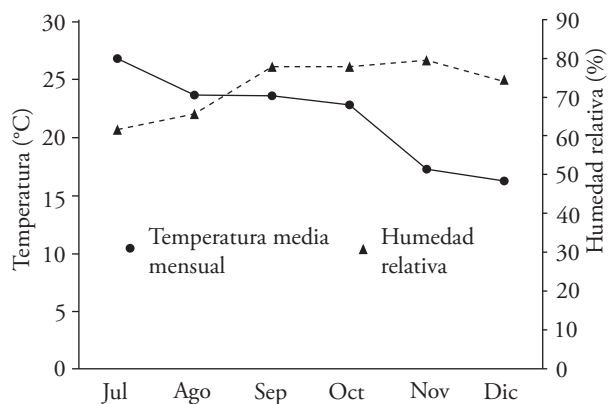


Figura 2. Temperatura y humedad relativa promedio mensual dentro de un invernadero con *Physalis peruviana* L. durante el ciclo de producción 2013.

Figure 2. Monthly average temperature and relative humidity within a greenhouse with *Physalis peruviana* L. during the 2013 production cycle.

frutos varió a través de los meses y la mayor incidencia fue en las primeras cosechas, lo cual se atribuye a un mayor contenido de agua en los frutos (Gordillo *et al.*, 2004).

Efecto de la aspersión foliar con boro (B)

La aspersión foliar con 3 mg L⁻¹ de B incrementó el peso de fruto con y sin cáliz en las plantas del 18 de junio y 18 de julio (Cuadro 2), pero en la tercera fecha de trasplante no hubo efecto de la aplicación con B. La mayor biomasa fresca de frutos con suministro foliar de B en la primera fecha de cultivo se debe a que el B favorece el flujo de carbohidratos y la síntesis de algunos reguladores de crecimiento (Khayyat *et al.*, 2007), así como en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio (Meng *et al.*, 2014), y también de calcio, cloro y sodio (Hamideldin y Hussein, 2014). Estos efectos resultan en un rendimiento mayor de frutos (Patil *et al.*, 2008) y también un peso más alto de las semillas (Sivaiah *et al.*, 2013).

Pandey y Gupta (2013) y Azeem y Ahmad (2011) indican que el B favorece la formación de los órganos florales y la polinización. Contrario a lo esperado, el suministro alto de B en las plantas del 18 de agosto disminuyó el rendimiento acumulado y aumentó el número de frutos con agrietamiento. En contraste, la

The CF production in *P. peruviana* is attributed to changes in the moisture regime in the soil and the relative humidity of the atmosphere (optimum ranges from 70 to 80 %; Fischer and Miranda, 2012). During our research, relative humidity (Figure 2) was less than optimal during the first transplant dates. Cooman *et al.* (2005) attributed the CF problem to genetic and nutritional factors; In our study, CF varied over the months, the highest incidence was during the first harvests and attributed to higher water content in the fruits (Gordillo *et al.*, 2004).

Boron (B) foliar spraying effect

Foliar spraying with 3 mg L⁻¹ of B increased FWG and FWWC in the plants from June 18 and July 18 (Table 2), but there was no effect on the third transplant date with the B application. The highest fresh fruits biomass with a B leaf supply in the first cultivation date is due to B favoring carbohydrates flow and the synthesis of some growth regulators (Khayyat *et al.*, 2007), as well as on nitrogen, phosphorus and potassium absorption (Meng *et al.*, 2014), calcium, chlorine and sodium (Hamideldin and Hussein, 2014). These effects result in higher fruit yield (Patil *et al.*, 2008) and higher seeds weight (Sivaiah *et al.*, 2013).

Cuadro 2. Aspersión foliar de boro y fecha de trasplante sobre el rendimiento de frutos de *Physalis peruviana* L. en tres fechas de trasplante.

Table 2. Boron leaf spraying and transplant date effect on *Physalis peruviana* L. fruit yield at three transplant dates.

Fecha de trasplante	Boro (mg L ⁻¹)	PFC (g planta ⁻¹)	PFSC (g planta ⁻¹)	Número de frutos	PPF (g)	Frutos agrietados
Junio 18	0	932.8 c	818.6 b	232.5 b	3.5 a	19.8 a
	1	981.2 b	845.6 b	256.8 a	3.3 a	6.7 b
	3	1062.0 a	930.6 a	245.9 a	3.9 a	7.8 b
	DMS	26.3	24.5	13.0	1.6	2.8
Julio 18	0	1040.8 b	954.8 a	230.8 a	4.2 a	20.9 b
	1	1003.6 c	894.6 b	215.4 b	4.2 a	20.3 b
	3	1113.4 a	957.6 a	240.4 a	4.0 a	28.7 a
	DMS	26.9	25.5	12.6	1.7	3.8
Agosto 17	0	643.2 a	588.0 a	126.7 a	4.6 a	7.5 a
	1	583.9 b	528.6 b	117.6 ab	4.5 a	5.3 b
	3	599.9 b	528.6 b	116.3 b	4.7 a	7.6 a
	DMS	20.6	19.6	9.1	1.8	2.2

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (DMS, Fisher; $p \leq 0.05$). PFC: peso de frutos con cáliz; PFSC: peso de frutos sin cáliz; PPF: peso promedio de fruto. ♦ Values with different letter in a column are statistically significant (DMS, Fisher, $p \leq 0.05$). PFC: weight of fruits with calyx; PFSC: fruit weight without calyx; PPF: average fruit weight.

cantidad menor de frutos agrietados en las tres fechas de trasplante se obtuvieron con 1 mg L^{-1} de B. Esto se debe a que el agrietamiento del fruto de uchuva, además de ser ocasionado por las deficiencias de B y Ca, también es afectado por el contenido hídrico del sustrato, el tamaño y el estado de maduración de los frutos; la probabilidad de agrietamiento es mayor en los frutos cercanos a la madurez comercial (grado de madurez de 4 (color amarillo) a 6 (color naranja) ya que desde el grado 4 los frutos crecen rápido hasta alcanzar su tamaño máximo (Gordillo *et al.*, 2004). Otros factores causantes del agrietamiento del fruto son la sensibilidad varietal del genotipo y una alta humedad relativa del aire que acentúan más esta fisiopatía, debido a que más agua se mueve a las áreas con potencial osmótico alto en épocas de humedad relativa alta, lo que promueve el hinchamiento de esos tejidos y no pueden tener expansión tangencial (Fischer, 2005).

Efecto del potasio en la producción de frutos de *Physalis peruviana* L.

La dosis 7 meq L^{-1} de K disminuyó el PFC, PFSC y NF en las plantas trasplantadas en las dos primeras fechas, pero la dosis baja de K disminuyó el número de FA en las plantas trasplantadas en la segunda fecha (Cuadro 3). El rendimiento de fruto acumulado en peso, con y sin cáliz, y número de frutos en las plantas trasplantadas el 18 de agosto fue mayor con 7 meq L^{-1} de K.

Pandey and Gupta (2013) and Azeem and Ahmad (2011) indicated that B favors floral organs formation and pollination. Contrary to expectations, the high supply of B in the plants from August 18 decreased the accumulated yield and increased the number of CF. In contrast, the lowest amount of CF in the three transplant dates was the 1 mg L^{-1} of B treatment. This is because the uchuva fruit cracking is caused by B and Ca deficiencies, and it is also affected by the water content of the substrate, the size, and maturation of the fruit. The cracking probability increases in the fruits near their commercial maturity, from maturity degree 4 (yellow color) to 6 (orange color) given that from grade 4 on, the fruits grow rapidly until reaching their maximum size (Gordillo *et al.*, 2004). Other factors that cause CF are the varietal sensitivity of the genotype and high relative humidity that accentuate this physiopathy, because more water moves to areas with high osmotic potential during high relative humidity, which promote the swelling of these tissues which have no tangential expansion (Fischer, 2005).

Effects of potassium in the *Physalis peruviana* L. fruits production

The 7 meq L^{-1} K dose decreased the FWC, FWWC, and NF in the transplanted plants in the first two dates, but the low K dose decreased the number of CF in the transplanted plants in the second date (Table 3). The accumulated fruit yield

Cuadro 3. Suministro de potasio en el rendimiento frutos de *Physalis peruviana* L., en tres fechas de trasplante.
Table 3. Potassium supply in *Physalis peruviana* L., fruit yield at three transplant dates.

Fecha de trasplante	K (meq L^{-1})	PFC (g planta^{-1})	PFSC (g planta^{-1})	Número de frutos	PPF (g)	Frutos agrietados
Junio 18	3.5	1016.0 a	880.1 a	249.7 a	3.5 a	12.1 a
	7	968.0 b	849.7 b	240.4 a	3.6 a	10.7 a
	DMS	21.4	20.0	10.6	1.3	2.0
Julio 18	3.5	1131.3 a	972.4 a	238.4 a	4.1 a	19.4 b
	7	973.9 b	898.9 b	219.3 b	4.1 a	27.2 a
	DMS	22.1	20.8	10.3	1.4	3.0
Agosto 17	3.5	575.4 b	523.2 b	110.1 b	4.8 a	6.6 a
	7	642.5 a	584.2 a	130.3 a	4.4 a	80 a
	DMS	16.8	16.0	7.4	1.5	1.7

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (DMS, Fisher; $p \leq 0.05$). K: potasio; PFC: peso de frutos con cáliz; PFSC: peso de frutos sin cáliz; PPF: peso promedio de fruto. ♦ Values with a different letter in a column are statistically significant (DMS, Fisher; $p \leq 0.05$). K: potassium; PFC: weight of fruits with calyx; PFSC: fruit weight without calyx; PPF: average fruit weight.

Lo anterior indica que el 50 % de la concentración de K (3.5 meq L^{-1}) en la solución nutritiva de Steiner (1984) en las dos primeras fechas de trasplante fue adecuado para la nutrición de *P. peruviana* cultivada en invernadero (Gastelum *et al.*, 2013), y se debió a que el K es el elemento que más se acumula con una tasa alta de absorción específica en este cultivo, superando al N (Torres *et al.*, 2004), y se usa en procesos de regulación osmótica (Miranda *et al.*, 2010). La ausencia de K reduce la biomasa fresca y seca de los frutos y altera negativamente la arquitectura de la planta y textura de los tejidos en este cultivo (Martínez *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2009), causados por cambios en la morfología y distribución de materia seca (Gerardeaux *et al.*, 2010), disminución del crecimiento de las raíces y aumento de la producción de etileno (Zhi-Yong *et al.*, 2009). Asimismo, es necesario aumentar la dosis de K durante los meses con temperaturas bajas (tercera fecha de trasplante), para obtener mayores PFC, PFSC y PPF.

El número menor de frutos agrietados se obtuvo en las plantas del 18 de julio con 3.5 meq L^{-1} de K. Sin embargo, esta respuesta no se observó en las plantas sembradas el 18 de junio y 18 de agosto, a pesar de la importancia de la aplicación de este elemento antes de la cosecha para disminuir la presencia de grietas en el fruto de la uchuva (Fischer *et al.*, 2011).

Efecto de la poda en la producción de frutos de *Physalis peruviana* L.

La poda ocasionó rendimiento menor de frutos en la segunda fecha de trasplante, pero produjo rendimiento mayor de fruto en la tercera fecha de trasplante, periodo que coincidió con temperaturas más bajas. Contrario a lo esperado, la poda no tuvo efecto sobre el peso medio de los frutos, pero disminuyó en 50 % el número de frutos agrietados solo en las plantas cultivadas en la segunda fecha de trasplante (Cuadro 4).

La poda de las plantas de la segunda fecha de trasplante disminuyó la cantidad de frutos agrietados, lo que contrasta con lo mencionado por Maboko *et al.* (2011), quienes obtuvieron un aumento de la cantidad de frutos agrietados con esta práctica, porque los frutos tendieron a ser de mayor tamaño (Maboko y Du Plooy, 2008; Maboko y Du Plooy, 2009⁴). La

by weight, with and without calyx, and NF in the plants transplanted on August 18 was greater with 7 meq L^{-1} of K.

The above indicates that a 50 % concentration of K (3.5 meq L^{-1}) in the Steiner (1984) nutrient solution at the first two transplantation dates was adequate for the *P. peruviana* nutrition grown in the greenhouse (Gastelum *et al.*, 2013). This was because K is the element that most accumulates with a high rate of specific absorption in this crop, exceeding N (Torres *et al.*, 2004), and it is used in osmotic regulatory processes (Miranda *et al.*, 2010). Potassium absence reduces fruit fresh and dry biomass and negatively alters the plant architecture and tissues texture of this crop (Martínez *et al.*, 2008, Martínez *et al.*, 2009) causing changes in the morphology and distribution of dry matter (Gerardeaux *et al.*, 2010), decreasing root growth and increasing ethylene production (Zhi-Yong *et al.*, 2009). Likewise, it is necessary to increase the K dose during low temperatures months with (third transplant date), to obtain higher FWC, FWWC and AFW.

The plants of July 18 with 3.5 meq L^{-1} of K yielded the smallest number of CF. However this response was not observed in plants sown on June 18 and August 18, despite the importance of the application of this element before the harvest to reduce cracks on uchuva fruits (Fischer *et al.*, 2011).

Pruning effect on *Physalis peruviana* L. fruit production

Pruning caused a lower fruit yield on the second transplant date but produced higher fruit yield on the third transplant date, a period that coincided with lower temperatures. Contrary to what was expected, pruning did not affect the average weight of the fruits, but the number of CF decreased by 50 % only in the plants cultivated on the second transplant date (Table 4).

The pruning of the plants from the second transplant date diminished the amount of CF. This contrasts with that reported by Maboko *et al.* (2011), who obtained an increase in the amount of CF with this practice, because the fruits tended to be larger (Maboko and Du Plooy, 2008, Maboko and Du Plooy, 2009⁴). Pruning improves the balance

⁴Maboko, M. M., and C. P. Du Plooy. 2009. Effect of stem pruning and fruit on yield and quality of hydroponically grown tomato. African Crop Science Conference Proceedings 9:178-181.

Cuadro 4. Efecto la poda en rendimiento en plantas de *Physalis peruviana* L.
Table 4. Effect of pruning on *Physalis peruviana* L. yield.

Fecha	Poda	PFC (g planta ⁻¹)	PFSC (g planta ⁻¹)	Número de frutos	PMF (g)	Frutos agrietados
Junio 18	Multitallos	993.5 a	854.8 b	234.6 a	3.5 a	11.0 a
	3 tallos	990.5 a	875.1 a	255.6 b	3.7 a	11.9 a
	DMS	21.4	20.0	10.7	1.3	2.1
Julio 18	Multitallos	1096.8 a	943.4 a	233.3 a	4.2 a	30.1 a
	3 tallos	1008.5 b	928.0 a	224.4 a	4.1 a	16.5 b
	DMS	22.0	20.8	10.3	1.4	3.2
Agosto 18	Multitallos	596.0 b	542.1 b	123.12 a	4.6 a	6.5 a
	3 tallos	622.0 a	565.8 a	117.33 a	4.6 a	7.1 a
	DMS	16.8	16.0	7.4	1.5	1.7

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (DMS, Fisher; $p \leq 0.05$). PFC: peso de frutos con cáliz; PFSC: peso de frutos sin cáliz; PMF: peso promedio de fruto. ♦ Values with different letter in a column are statistically significant (DMS, Fisher, $p \leq 0.05$). FWW: weight of fruits with calyx; FWWC: fruit weight without calyx; AFW: average fruit weight.

poda mejora el balance entre el área foliar y el número de frutos; así se evita una alta presión de asimilados y agua hacia los frutos (en la etapa de llenado de frutos) y esto disminuye el porcentaje de rajado en frutos de uchuva (Torres *et al.*, 2004). Un alto porcentaje de frutos rajados se puede presentar en plantas con tres ramas primarias (tallos), lo que adicionalmente puede atribuirse al genotipo y a la sobrecarga de los flujos de agua y fotoasimilados en los frutos (Criollo *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

La fecha de trasplante afecta significativamente el rendimiento de frutos de uchuva: el trasplante temprano genera un rendimiento medio de frutos y el trasplante intermedio incrementa el rendimiento, pero un trasplante tardío provoca caída del rendimiento.

La aspersión foliar de boro a las plantas incrementó el rendimiento de fruto fresco, pero solo en trasplantes tempranos: junio y julio.

El potasio en la solución nutritiva aumenta el rendimiento de fruto fresco en trasplantes tempranos.

La poda de las plantas de uchuva no afecta el rendimiento ni el número de frutos ni el agrietamiento de los mismos.

between the leaf area and NF, which prevents a high pressure of assimilates and water in the fruits (at the fruit filling stage), and this decreases the percentage of cracked uchuva fruits (Torres *et al.*, 2004). A high percentage of CF can occur in plants with three primary branches (stems), which can additionally be attributed to the genotype and to the water flows overload and photoassimilated in fruits (Criollo *et al.*, 2014).

CONCLUSIONS

Transplant date significantly affects the yield of uchuva fruits: the early transplant generates a medium fruit yield, intermediate transplant increases yield, but a late transplant causes yield decrease.

Foliar spraying of B on plants increased the yield of fresh fruit, but only in early transplants: June and July.

Potassium in the nutrient solution increases the yield of fresh fruit in early transplants.

The pruning of uchuva plants does not affect their yield or the number of fruits or their cracking.

—End of the English version—



LITERATURA CITADA

Azeem, M., and R. Ahmad. 2011. Foliar application of some essential minerals on tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant

grown under two different salinity regimes. Pak. J. Bot. 43: 1513-1520.

- Conti, S., G. Villari, F. Amico, and G. Caruso. 2015. Effects of production system and transplanting time on yield, quality and antioxidant content of organic winter squash (*Cucurbita moschata* Duch). *Sci. Hort.* 183: 136-143.
- Cooman, A., C. Torres, y F. Fischer. 2005. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta: II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. *Agron. Colomb.* 23: 74-82.
- Criollo, H., T. C. Lagos, G. Fischer, L. Mora, y L. Zamudio. 2014. Comportamiento de tres genotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes sistemas de poda. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 8: 34-43.
- Fischer, G. 2005. El problema del rajado del fruto de la uchuva y su posible control. In: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahíta, y J. Romero (eds). *Avances en Cultivo, Poscosecha y Exportación de la Uchuva Physalis peruviana L. en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. pp: 55-79.
- Fischer, G., A. Herrera, and J. Almanza P. 2011. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). In: Yahia, E. M. (ed). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Vol. 2. Acai to citrus. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. pp: 374-396.
- Fischer, G., y M. Melgarejo L. 2014. Ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: Pássaro, C. C. P. (ed). *Uchuva (Physalis peruviana L.): Fruta Andina para el Mundo*. pp: 29-47.
- Fischer, G., P. J. Almanza-Merchan, and D. Miranda. 2014. Importância e cultivo do (*Physalis peruviana* L.) no mundo. *Rev. Bras. Frutic.* 36: 1-15.
- Fischer, G., y D. Mirand. 2012. Uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: Fischer, G. (ed.). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Bogotá: Produmedios. pp: 851-873.
- Gastelum O., D. A., M. Sandoval V., C. Trejo L., y R. Castro-Brindis. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Rev. Chapingo. Serie Hortic.* 19: 197-210.
- Gerardeaux, E., L. Jordan-Meille, J. Constantin, S. Pellerin, and M. Dingkuhn. 2010. Changes in plant morphology and dry matter partitioning caused by potassium deficiency in *Gossypium hirsutum* (L.). *Environ. Exper. Bot.* 67: 451-459.
- Gordillo O., P., G. Fischer, y R. Guerrero. 2004. Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Silvania (Cundinamarca). *Agron. Colomb.* 22: 53-62.
- Hamideldin, N., and O. S. Hussein. 2014. Response of sesame (*Sesamum indicum* L.) plants to foliar spray with different concentrations of boron. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 91: 1949-1953.
- Hernández C., N., y F. Soto C. 2012a. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivada en condiciones tropicales. Parte I. Cultivos del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Trop.* 33: 44-49.
- Hernández C., N., y F. Soto C. 2012b. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Trop.* 33: 28-34.
- Khayyat, M., E. Tafazoli, S. Eshghi, and S. Rajaei. 2007. Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date palm. *Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci.* 2: 289-296.
- Lima, C. S. M., M. A. Gonçalves, Z. F. P. Tomaz, A. R. Rufato, e J. C. Fachinello. 2010. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de *Physalis*. *Ciência Rural* 40: 2472-2479.
- Maboko, M. M., and C. P. Du Plooy. 2008. Effect of pruning on yield and quality of hydroponically grown cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *S. Afr. J. Plant Soil* 25: 178-181. BB
- Maboko, M. M., C. P. Du Plooy, and S. Chiloeane. 2011. Effect of plant population, fruit and stem pruning on yield and quality of hydroponically grown tomato. *Afr. J. Agric. Res.* 6: 5144-5148.
- Martínez, F. E., J. Sarmiento, G. Fischer, y F. Jiménez. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agron. Colomb.* 26: 389-398.
- Martínez, F. E., J. Sarmiento, G. Fischer, y F. Jiménez. 2009. Síntomas de deficiencias de macronutrientes y boro en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agron. Colomb.* 27: 169-178.
- Meng, C., P. Jiang, J. Zhen, G. Zhou, and Q. Xu. 2014. Effects of soil and foliar application of boron on nutrient uptake grow and yield of red bayberry. *Int. J. Fruit Sci.* 14: 135-252.
- Miranda, D., C. Ulrichs, and G. Fischer. 2010. Dry matter accumulation and foliar K, Ca and Na contents in salt-stressed Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants. *Agron. Colomb.* 28: 165-172.
- Morton, J. F. 2004. Crop Index. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/index.html>. (Consulta: junio 2015).
- Muniz, J., A. A. Kretschmar, L. Rufato, T. R. Pelizza, T. Marchi, A. E. Duarte, A. P. F. Lima, and F. Garanhani. 2011. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense. *Rev. Bras. Frutic.* 33: 830-838.
- Muniz, J., A. A. Kretschmar, I. Rufato, T. R. Pelizza, A. D. R. Rufato, and T. A. D. Macedo. 2014. General aspects of *Physalis* cultivation. *Ciência Rural* 44: 964-970.
- Ojeda, A. D., G. A. Ligarreto, and O. Martínez. 2012. Effects of environmental factors on the morphometric characteristics of cultivated lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agron. Colomb.* 30: 351-358.
- Pandey, N., and B. Gupta. 2013. The impact of foliar boron sprays on reproductive biology and seed quality of black gram. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 27: 58-64.
- Panayotov, N., and A. Popova. 2014a. Investigation of the possibilities for after harvest ripening the fruits of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) depending on the applied agrotechnology. *Turkish J. Agric. Nat. Sci.* 1: 1134-1140.
- Panayotov, N., and A. Popova. 2014b. Vegetative and productive behaviors of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), grown by direct sowing outside under conditions of Bulgaria. *Turkish J. Agric. Nat. Sci.* 1: 1141-1146.
- Patil, B. C., R. M. Hosamani, P. S. Ajappalavara, B. H. Naik, R. P. Smitha, and K. C. Ukkund. 2008. Effect of foliar application of micronutrients on growth and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Karnataka J. Agric. Sci.* 21: 428-430.
- Ramadan, M. F. H. 2011. *Physalis peruviana*: A rich source of bioactive phytochemicals for functional foods and pharmaceuticals. *Food Rev. Int.* 27: 259-273.
- Sabino-López, J. E., M. Sandoval-Villa, G. Alcántar-González, C. Ortiz-Solorio, M. Vargas-Hernández, y T. Colinas-León.

2016. Fenología de *Physalis peruviana* L. cultivada con base en tiempo térmico. Rev. Mex. Ciencias Agríc. 17: 3521-3528.
- Salazar, M. R., J. W. Jones, B. Chaves, A. Cooman, and G. Fischer. 2008. Base temperature and simulation model for nodes appearance in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal 30: 862-867.
- Sandhu, S., and B. S. Gill. 2011. Effect of integrated nutrient management strategies on growth and yield of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). J. Hortic. Sci. 6: 29-32.
- SAS Institute, Inc. 2009. Statistical Analysis System release 9.1 for windows. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Singh, D. B., A. A. Pal, L. Shiv, N. Ahmed, and M. Anis. 2012. Growth and developmental changes of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits. Asian J. Hortic. 7: 374-378.
- Sivaiah, K. N., S. K. Swain, B. Raju, and S. V. Varma. 2013. Effect of micronutrients foliar application on seed yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Inter. J. Plant Anim. Sci. 1: 070-072.
- Soto, C. F., y C. N. Hernández. 2012. Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. ISIAP DORADO). Cultivos Trop. 33: 50-55.
- Torres, A., C., A. Cooman, y G. Fischer 2004. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta: I. Efecto de la variación en el balance hídrico. Agron. Colomb. 22:140-146.
- Zhi-Yong, Z., W. Qing-Lian, L. Zhao-Hu, D. Liu-Sheng, and T. Xiao-Li. 2009. Effects of potassium deficiency in root growth of cotton seedlings and its physiological mechanisms. Acta Agron. Sinica 35: 718-723.