

Extracción de macronutrientos en chile (*Capsicum annuum* L.) tipo húngaro*

Extraction of macronutrients in chile (*Capsicum annuum* L.) Hungarian type

Fredi I. Salazar-Jara¹, Porfirio Juárez-López^{2§}, Rubén Bugarín-Montoya¹, Gelacio Alejo-Santiago¹, J. Diego García-Paredes¹ y Elia Cruz-Crespo¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit- Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Xalisco km 9. Xalisco, Nayarit, México. CP. 63780. (lightningfreddy@hotmail.com; drbugarin@hotmail.com; gelacioalejo@hotmail.com; ccruz2006@yahoo.com.mx). ²Universidad Autónoma del estado de Morelos- Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Universidad 1001. CP. 62210. Cuernavaca, Morelos, México. §Autor para correspondencia: porfiriojlopez@yahoo.com.

Resumen

El chile tipo húngaro es apreciado por sus frutos color amarillo y representa un cultivo hortícola de importancia económica ya que generalmente mantiene precios elevados y estables a través del año. Existe escasa información relacionada con el manejo de la nutrición mineral de este cultivo que favorezca la máxima expresión de rendimiento y el uso racional de fertilizantes. El objetivo de esta investigación fue cuantificar la extracción de macronutrientos en el cultivo de chile tipo húngaro. Las plantas se cultivaron en macetas de polietileno de color negro de 14 L con tezontle como sustrato, las cuales se regaron tres veces al día con solución Steiner a 75% que equivale a -0.054 MPa de potencial osmótico. Se cuantificó la concentración de foliar de macronutrientos, la biomasa seca aérea y la extracción nutrimental. Además, se estimó la absorción nutrimental y el índice de extracción nutrimental. Se concluyó que los valores de los índices de extracción nutrimental que pueden emplearse para determinar la demanda nutrimental del cultivo de chile húngaro de acuerdo a una meta de rendimiento son los siguientes (en kg t⁻¹ de producto cosechado): 3.1 N, 0.4 P, 4.2 K, 1 Ca y 0.2 Mg. Las concentraciones nutrimentales foliares en hojas recientemente maduras de plantas de chile húngaro

Abstract

The Hungarian pepper type is prized for its yellow fruits and represents a horticultural crop of economic importance because it generally keeps high and stable prices throughout the year. There is little information regarding mineral nutrition management of this crop that favor the ultimate yield expression and rational use of fertilizers. The objective of this research was to quantify the extraction of macronutrients in growing Hungarian pepper type. Plants were grown in 14 L pots with tezontle as substrate, which were watered three times a day with Steiner solution at 75% equivalent to -0054 MPa osmotic potential. The concentration of leaf macronutrient, aerial dry biomass and nutrient extraction was quantified; furthermore, nutrient absorption and nutrient extraction index were estimated. It was concluded that the indices values of nutrient extraction can be used to determine nutrient requirements of Hungarian pepper according to a yield goal as follows (in kg t⁻¹ product harvested): 3.1 N, 0.4 P, 4.2 K, 1.0 Ca and 0.2 Mg. Foliar nutrient concentrations in recently mature leaves of Hungarian pepper with osmotic potential of -0054 MPa in the nutrient solution provide reliable reference values for nutritional diagnostic purposes.

* Recibido: agosto de 2016
Aceptado: octubre de 2016

cultivadas con potencial osmótico de -0.054 MPa en la solución nutritiva proveen valores de referencia confiables con fines de diagnóstico nutrimental.

Palabras clave: hidroponía, nutrición de cultivos, requerimiento nutrimental, rendimiento.

El chile tipo húngaro también es conocido como chile güero, en inglés es llamado Hungarian yellow wax pepper, cuyos frutos son apreciados por su color amarillo y pericarpio ceroso brillante en etapa de madurez comercial, después de esto, pigmentan a color rojo. En México, el chile húngaro se cultiva en Sinaloa, Jalisco, Michoacán (SNIIM, 2015) y en la zona costera de Nayarit (Partida-Sandoval y Quezada-Camberos, 2012), y representa un cultivo de importancia económica ya que generalmente mantiene precios más elevados y estables a través del año que los chiles jalapeño y serrano (SNIIM, 2014).

Al igual que otras hortalizas, el rendimiento y la calidad del cultivo de chile húngaro dependen de varios factores, tales como el genotipo, las condiciones climáticas, las características del suelo o sustrato, la calidad del agua, los factores nutrimentales, la técnica de producción y los factores bióticos. Algunos de estos factores en cierta medida pueden ser objeto de control, como es el caso de la nutrición del cultivo (Castro-Brindis *et al.*, 2000; Marschner, 2012).

El requerimiento nutrimental es la cantidad de nutrimento requerida por la planta para satisfacer sus necesidades metabólicas, y a su vez, alcanzar el rendimiento máximo en un sistema de producción (Sonneveld y Voogt, 2009). En este sentido, existe escasa información relacionada con el manejo de la nutrición mineral de chile húngaro que favorezca la expresión de rendimiento del cultivo y que permita hacer más eficiente el uso de los fertilizantes. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue cuantificar la extracción de macronutrientes en el cultivo de chile tipo húngaro.

El estudio se realizó en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, ubicada en Xalisco, Nayarit a una altitud de 977 m; en un invernadero cubierto de plástico ($21^{\circ}25'33''$ latitud norte y $104^{\circ}53'31''$ longitud oeste), con ventilación cenital y malla antiáfidos en las partes laterales. El material genético que se evaluó fue el híbrido 'Inferno' (Seminis®). Las semillas se sembraron el 2 de agosto, en charolas de poliestireno de 200 cavidades y con sustrato de germinación Sunshine y el trasplante se realizó el 7 de septiembre de 2012, en macetas de polietileno de

Keywords: crop nutrition, hydroponics, nutritional requirement, yield.

The Hungarian pepper type is also known as chile güero, in English is called Hungarian yellow wax pepper, whose fruits are prized for their bright yellow and bright waxy pericarp in commercial maturity, after this, pigmented red. In Mexico, the Hungarian pepper is grown in Sinaloa, Jalisco, Michoacán (SNIIM, 2015) and in the coastal area of Nayarit (Partida-Sandoval and Quezada-Camberos, 2012), and represents a crop of economic importance because it maintains high and stable prices throughout the year than jalapeño and serrano peppers (SNIIM, 2014).

Like other vegetables, yield and crop quality of Hungarian pepper depend on various factors such as genotype, weather conditions, soil or substrate characteristics, water quality, nutritional factors, production technique and biotic factors. Some of these factors to some extent can be controlled, as is the case of crop nutrition (Castro-Brindis *et al.*, 2000; Marschner, 2012).

Nutritional requirement is the amount of nutrient required by the plant to meet their metabolic needs, and in turn achieve maximum yield in a production system (Sonneveld and Voogt, 2009). In this sense, there is little information related to management of mineral nutrition of Hungarian pepper favoring the expression of crop yield and to allow a more efficient use of fertilizers. Therefore, the objective of this research was to quantify macronutrient extraction in crop of Hungarian pepper.

The study was conducted at the Academic Unit of Agriculture from the Autonomous University of Nayarit, located in Xalisco, Nayarit at an altitude of 977 m; in a plastic greenhouse ($21^{\circ}25'33''$ north latitude and $104^{\circ}53'31''$ west longitude), with overhead ventilation and anti-aphids mesh on the sides. The genetic material evaluated was the hybrid 'Inferno' (Seminis®). The seeds were sown on August 2, in polystyrene trays of 200 cavities and germination substrate Sunshine and transplantation was on September 7, 2012, in 14 L pots and red tezontle as substrate, granulometry of 1 to 7 mm. Plants were held with wooden sticks and raffia along the rows to keep the plants upright. Pots contained a plant and watered three times a day with Steiner nutrient solution at 75% corresponding to -0.054 MPa of osmotic potential Steiner (1984).

color negro de 14 L de capacidad y con tezontle rojo como sustrato, granulometría de 1 a 7 mm. Las plantas se tutoraron con palos de madera y con rafia a lo largo de las hileras para mantener erguidas a las plantas. Las macetas contenían una planta y se regaron tres veces al día con solución nutritiva de Steiner a 75 % que corresponde a -0.054 MPa de potencial osmótico Steiner (1984).

Se evaluaron potenciales osmóticos de -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 y -0.090 MPa en el cultivo de chile húngaro pero se reporta únicamente la extracción nutrimental de plantas cultivadas en la solución de -0.054 MPa porque con éste potencial osmótico se obtuvo el mejor comportamiento en materia seca acumulada total (426.3 g por planta), número de frutos por planta (95.8), producción de frutos por planta (3 511 g por planta) e índice de cosecha (0.57 g g⁻¹). Se utilizó un sustrato hidropónico sin recirculación, y con base en la etapa fenológica del cultivo, el riego varió de 0.5 a 2 L por planta por día. Las temperaturas dentro del invernadero fueron 15 y 34 °C (promedio mínimo y máximo, respectivamente).

Variables evaluadas

Concentración foliar de macronutrientos. Se determinó el contenido de macronutrientos foliar (%) cada 20 días hasta 140 ddt (siete muestreos). Se determinó el contenido total de N, por el método semi-microkjeldahl, P por colorimetría, K por flamometría, Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica (Alcantar-González y Sandoval-Villa, 1999).

Biomasa seca acumulada. Se registró el peso de biomasa seca de hojas, tallos y frutos comerciales y no comerciales. El material vegetal se secó con una estufa de secado de aire forzado a 70 °C, durante 72 h hasta llegar a peso constante. La cuantificación se realizó mediante una balanza digital marca Escali, modelo A115B, con capacidad de 5 kg y aproximación de 0.01 g. Se expresó en g planta⁻¹.

Extracción nutrimental. Se calculó a partir del contenido nutrimental en la biomasa seca (fruto, hoja y tallo). Se expresó en g planta⁻¹.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La unidad experimental consistió de una maceta que contuvo una planta y todas las determinaciones se hicieron con 5 repeticiones. Las gráficas de curvas de extracción se realizaron con el programa Microsoft Excel[®] 2010 para Windows[®].

Osmotic potential of -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 and -0.090 MPa were evaluated in the cultivation of Hungarian pepper but reported only the nutrient extraction of plants grown in the solution of -0.054 MPa because with this osmotic potential was obtained the best behavior in cumulative total dry matter (426.3 g per plant), number of fruits per plant (95.8), production of fruits per plant (3511 g per plant) and harvest index (0.57 g g⁻¹). A hydroponic substrate without recirculation was used and based on the phenological stage of the crop, irrigation ranged from 0.5 to 2 L per plant per day. Temperatures in the greenhouse were 15 and 34 °C (average minimum and maximum, respectively).

Assessed variables

Foliar concentration of macronutrient: foliar macronutrient content (%) was determined every 20 days to 140 ddt (seven samplings). Total N content was determined by the semi-microkjeldahl method, P by colorimetry, K by flame photometry, Ca and Mg by atomic absorption spectrophotometry (Alcantar-Gonzalez and Sandoval-Villa, 1999).

Accumulated dry biomass: weight of dry biomass for leaves, stems and commercial and noncommercial fruits were recorded. The plant material was dried in a forced air oven at 70 °C for 72 h until constant weight. Quantification was performed using a digital scale Escali model A115B, with capacity of 5 kg with approximation 0.01 g. It was expressed in g plant⁻¹.

Nutritional extraction: it is calculated from the nutrient content in dry biomass (fruit, leaf and stem). It was expressed in g plant⁻¹.

Experimental design

A completely randomized design was used. The experimental unit consisted of a pot that contained a plant and all determinations were made with 5 replications. Extraction curves charts were performed using Microsoft Excel 2010 for Windows.

Foliar macronutrient concentration

A dilution effect of nutrients was observed from 20 to 140 ddt in all elements, except Ca (Table 1). It is inferred that because Ca is a bit variable component compared to N its concentration gradually increased, since one of its functions is to regulate the absorption, besides participating in storage

Concentración foliar de macronutrientes

Se observó un efecto de dilución de nutrientes a partir de los 20 hasta los 140 ddt en todos los elementos, con excepción del Ca (Cuadro 1). Se infiere que debido a que el Ca es un elemento poco móvil en comparación con el N su concentración se incrementó gradualmente, ya que una de sus funciones es regular la absorción, además de participar en el almacenamiento y firmeza de frutos (Alcántar-González y Trejo-Téllez, 2006). También Cruz-Crespo *et al.* (2014) reportaron esta tendencia ascendente del Ca en el crecimiento de plantas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) en Para el caso del N, el comportamiento se debe a que es un elemento móvil esencial en la división y expansión celular, así como en el crecimiento de estructuras vegetativas, tales como tallos y hojas (Sonneveld y Voogt, 2009).

and firmness of fruit (Alcántar-González and Trejo-Téllez, 2006). Also Cruz-Crespo *et al.* (2014) reported this upward trend of Ca in plant growth of serrano pepper (*Capsicum annuum* L.), as for N, the behavior is due to it is an essential mobile element in cell division and expansion, thus in the vegetative growth of structures in such as stems and leaves (Sonneveld and Voogt, 2009).

In P, K and Mg was also a dilution effect, this corresponds to an intense phase of growth, development and cell differentiation, which is when the crop development phases overlap; also, stems, young leaves and growing points are actively growing and contain high amounts of organic P in the form of nucleic acids and phospholipids (Mengel *et al.*, 2001). Potassium works as an osmotic regulator and activator or cofactor of more than 50 enzymes

Cuadro 1. Concentración foliar de macronutrientes en chile húngaro (*Capsicum annuum* L.) cultivado en hidroponía y solución nutritiva con -0.054 MPa de potencial osmótico.

Table 1. Foliar macronutrient concentration in Hungarian pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in hydroponics and nutrient solution with -0054 MPa osmotic potential.

Nutriente	Días después del trasplante (ddt)						
	20 (%)	40 (%)	60 (%)	80 (%)	100 (%)	120 (%)	140 (%)
N	5.5	4.51	3.59	2.99	2.65	2.57	2.6
P	0.4	0.34	0.44	0.47	0.42	0.41	0.31
K	8.13	8.57	7.01	5.45	4.38	4.59	3.49
Ca	0.79	0.95	0.97	0.69	0.44	0.63	0.79
Mg	0.29	0.2	0.25	0.145	0.1	0.12	0.13

En P, K y Mg también se presentó el efecto de dilución, esto corresponde a una fase intensa de crecimiento, desarrollo y diferenciación celular, que es cuando se traslapan las fases de desarrollo del cultivo; asimismo, tallos, hojas jóvenes y puntos de crecimiento se encuentran en activo crecimiento y contienen altas cantidades de P orgánico en forma de ácidos nucleicos y fosfolípidos (Mengel *et al.*, 2001). El potasio funciona como regulador osmótico y activador o cofactor de más de 50 enzimas (cinasas y oxidoreductasas) del metabolismo de carbohidratos y proteínas, es por ello su importancia en el metabolismo de las plantas (Alcántar-González y Trejo-Téllez, 2006).

En relación a Mg, la mayor acumulación del Mg se da en las hojas, puesto que es en donde se sintetiza gran cantidad de clorofila y otros pigmentos. De 15 a 30% del total de magnesio en las plantas está asociado con la molécula de clorofila, el otro 70 ó 85% está asociado como cofactor en varios procesos enzimáticos de la fotosíntesis y respiración (Mengel *et al.*, 2001; Taiz y Zeiger, 2010).

(kinases and oxidoreductase) from carbohydrates and protein metabolism, which is why its importance in plant metabolism (Alcántar-González Trejo-Téllez, 2006).

Regarding Mg, the highest accumulation is in the leaves, as it is where great amount of chlorophyll and other pigments are synthesized. 15 to 30% of total magnesium in plants is associated with chlorophyll molecule, the other 70 or 85% is associated as a cofactor in different enzymatic processes of photosynthesis and respiration (Mengel *et al.*, 2001; Taiz and Zeiger, 2010).

It is noteworthy that a factor influencing the reduction in concentration of elements in leaf tissue is that when fruits were harvested there were nutrients losses in the plant. In this regard, Terbe *et al.* (2006) reported that fruits represent 64 to 84% of total fresh weight in plants of green pepper (*Capsicum annuum* L.). Foliar nutrient content (Table 1), can be used as reference to establish critical

Es importante mencionar que un factor que influyó en la disminución de la concentración de elementos en el tejido foliar es que al cosechar los frutos hubo pérdidas de nutrientes en la planta. Al respecto, Terbe *et al.* (2006) reportaron que los frutos representan de 64 a 84% del peso fresco total en plantas de chile verde (*Capsicum annuum* L.). El contenido nutrimental foliar (Cuadro 1), puede ser utilizado como referencia para establecer niveles críticos e intervalos de concentración con fines de diagnóstico y de monitoreo nutrimental (Sonneveld y Voogt, 2009; Marchner, 2012).

Extracción nutrimental

La extracción de N, P, K, Ca y Mg en las plantas de chile húngaro (Cuadro 2), siguió la tendencia de la acumulación de materia seca. Estos resultados son similares a los obtenidos por Pineda-Pineda *et al.* (2008), en frambueso rojo 'Malling Autumn Bliss', donde la absorción de nutrientes fue proporcional a los valores de materia seca ganada por la planta. Valentin-Miguel *et al.* (2013) también reportaron este mismo comportamiento al evaluar la extracción nutrimental en plantas de chile de agua (*Capsicum annuum*).

En orden decreciente la extracción de nutrientes fue $K > N > Ca > P > Mg$ (Cuadro 2). Estas tendencias de extracción nutrimental coinciden con los reportados por Terbe *et al.* (2006) quienes en chile verde (*Capsicum annuum* L.) indican que los requerimientos nutrimentales son como sigue: 4- 5.7 kg de K, 2.4-3.8 kg de N y 0.3- 0.5 Kg de P por tonelada de fruto cosechado. El K fue el nutriente extraído en mayor magnitud, debido a los procesos de formación y crecimiento de frutos, los cuales constituyen el principal órgano de demanda, con valores de 70 a 80% de la cantidad total extraída por la planta (Bugarín-Montoya *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Extracción de macronutrientes en el cultivo de chile húngaro (*Capsicum annuum* L.) cultivado en hidroponía y solución nutritiva con -0.054 MPa de potencial osmótico.

Table 2. Macronutrients extraction in Hungarian pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in hydroponics and nutrient solution with -0054 MPa osmotic potential.

Concepto	Unidad de medida	N	P	K	Ca	Mg
Índice de extracción nutrimental	(kg t ⁻¹)	3.1	0.37	4.2	0.97	0.2
Absorción nutrimental	(g planta ⁻¹)	11	1.3	14.9	3.4	0.6

Con la información de contenido nutrimental, con la producción de frutos por planta (3 511 g) y de la cantidad de materia seca acumulada en frutos, se calculó la cantidad de nutrientes necesarios para producir una tonelada de fruto, los cuales fueron (kg t⁻¹ de producto cosechado): 3.1 N, 0.4

levels and concentration ranges for diagnostic and nutritional monitoring (Sonneveld and Voogt, 2009; Marchner, 2012).

Nutrient extraction

N, P, K, Ca and Mg extraction in Hungarian pepper plants (Table 2), followed the trend of dry matter accumulation. These results are similar to those obtained by Pineda-Pineda *et al.* (2008), in red raspberry 'Malling Autumn Bliss', where nutrient absorption was proportional to dry matter values gained by the plant. Valentin-Miguel *et al.* (2013) also reported the same behavior when assessing nutritional extraction in water pepper plants (*Capsicum annuum*).

In decreasing order of nutrient extraction was $K > N > Ca > P > Mg$ (Table 2). These trends of nutrient extraction coincides with that reported by Terbe *et al.* (2006) who in green pepper (*Capsicum annuum* L.) indicate that the nutritional requirements are as follows: 4 - 5.7 kg of K, 2.4-3.8 kg of N and 0.3- 0.5 kg of P per ton of harvested fruit. K was the nutrient extracted in greater extent due to formation processes and fruit growth, which constitute the main body of demand, with values of 70 to 80% of the total amount extracted by the plant (Bugarín-Montoya *et al.*, 2002).

With the information nutrient content, fruit production per plant (3511 g) and amount of accumulated dry matter in fruits, the amount of nutrients needed to produce a ton of fruit was calculated, which were (in kg t⁻¹ product harvested): 3.1 N, 0.4 P, 4.2 K, 1.0 Ca and 0.2 Mg (Table 2). To obtain these nutrimental extraction indices was taken as reference

the amount of accumulated dry matter in commercial fruits, because if the total amounts of biomass in commercial and non-commercial fruits are taken as reference, nutrient extraction indices are underestimated. This information will allow to count with elements to design fertilization programs

P, 4.2 K, 1 Ca y 0.2 Mg (Cuadro 2). Para obtener estos índices de extracción nutrimental se tomó como referencia la cantidad de materia seca acumulada en los frutos comerciales, ya que si se toma como referencia la cantidad de biomasa total en los frutos comerciales más los no comerciales, se subestiman los índices de extracción nutrimental. Esta información permitirá contar con elementos para diseñar programas de fertilización en campo abierto, ya que al conocer el índice de extracción nutrimental del cultivo (Cuadro 2), y el valor del rendimiento esperado, será posible calcular la demanda nutrimental del cultivo; es decir, las unidades de nutrimentos (kg ha^{-1}) que la planta debe extraer del suelo e incorporar a sus tejidos para alcanzar un rendimiento determinado (Castro-Brindis *et al.*, 2004). Los índices de extracción obtenidos en la presente investigación son menores a los obtenidos por Valentín-Miguel *et al.* (2013) quienes en chile de agua (*Capsicum annuum* L.) reportaron (kg ha^{-1}): 7.7 N, 0.5 P, 7.5 K, 1.6 Ca y 0.6 Mg; lo anterior indica que el chile húngaro es un cultivo de menores requerimientos nutrimentales en comparación con el cultivo de chile de agua.

Curvas de extracción nutrimental

En la Figura 1 se muestran las curvas de extracción de macronutrimentos en plantas de chile tipo húngaro (*Capsicum annuum* L.). En estas curvas se observa claramente que el K y el N fueron los macronutrimentos que se extrajeron en mayor cantidad, lo que coincide con los resultados de Terbe *et al.* (2006) quienes indicaron que para chile verde (*Capsicum annuum* L.) los requerimientos nutrimentales son como sigue: 4- 5.7 kg de K y 2.4-3.8 kg de N por tonelada de frutos cosechados. Los resultados del presente estudio también coinciden con reportados por Azofeifa y Moreira (2008), quienes en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cuantificaron extracciones de 79.3 y 60 kg ha^{-1} de K y N, respectivamente; con 20 833 plantas por ha^{-1} y un rendimiento de 15 t ha^{-1} de frutos frescos comerciales. En este mismo sentido, Azofeifa y Moreira (2005), en chile pimienta (*Capsicum annuum* L.) reportaron 180 y 139 kg ha^{-1} de K y N, respectivamente; con 20 833 plantas por hectárea y rendimiento de 46.3 t ha^{-1} de frutos frescos comerciales.

De acuerdo con las curvas de extracción nutrimental de chile húngaro se observa que no es recomendable aplicar elevadas cantidades de nutrimentos en la etapa inicial de desarrollo del cultivo, debido a que una proporción importante de nutrimentos quedaría fuera del alcance del sistema de raíces de la planta.

in open fields, since knowing the nutrient extraction index of the crop (Table 2), and the yield value expected, it will be possible to calculate nutrient demand of the crop; i.e. nutrient units (kg ha^{-1}) that the plant must extract from the soil and incorporate into their tissues to achieve a given yield (Castro-Brindis *et al.*, 2004). Extraction indices obtained in this investigation are lower than those obtained by Valentín-Miguel *et al.* (2013) who in water pepper (*Capsicum annuum* L.) reported (kg ha^{-1}): 7.7 N, 0.5 P, 7.5 K, 1.6 Ca and 0.6 Mg; this indicates that Hungarian pepper is a crop with lower nutrient requirements compared to water pepper.

Nutritional extraction curves

Figure 1 presents the macronutrient extraction curves in Hungarian pepper plants (*Capsicum annuum* L.). These curves clearly shows that K and N were the most extracted macronutrients, which coincides with the results from Terbe *et al.* (2006) who indicated that for green pepper (*Capsicum annuum* L.) nutrient requirements are as follows: 4- 5.7 kg of K and 2.4-3.8 kg of N per ton of harvested fruits. The results of this study also agree with those reported by Azofeifa and Moreira (2008), who in jalapeno pepper (*Capsicum annuum* L.) quantified extractions of 79.3 and 60 kg ha^{-1} of K and N, respectively; with 20 833 plants ha^{-1} and a yield of 15 t ha^{-1} of fresh commercial fruits. In this sense, Azofeifa and Moreira (2005), in chili pepper (*Capsicum annuum* L.) reported 180 and 139 kg ha^{-1} of K and N, respectively; with 20 833 plants per hectare and a yield of 46.3 t ha^{-1} of fresh commercial fruits.

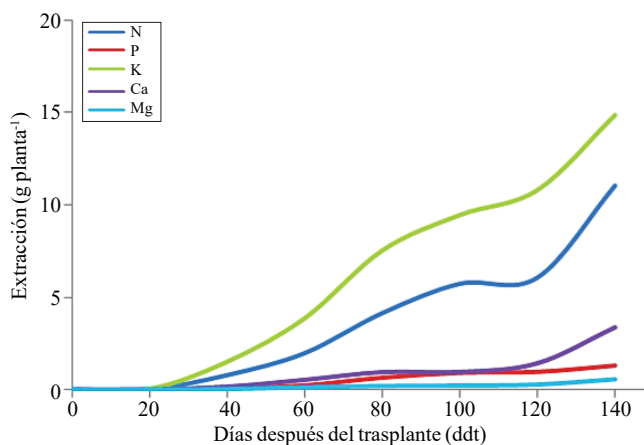


Figura 1. Curvas de extracción de macronutrimentos en plantas de chile tipo húngaro (*Capsicum annuum* L.).

Figure 1. Macronutrient extraction curves in Hungarian pepper plants (*Capsicum annuum* L.).

Conclusiones

Los valores de los índices de extracción nutrimental que pueden emplearse para determinar la demanda nutrimental del cultivo de chile húngaro de acuerdo a una meta de rendimiento son los siguientes (kg t⁻¹ de producto cosechado): 3.1 N, 0.4 P, 4.2 K, 1 Ca y 0.2 Mg.

Las concentraciones nutrimentales foliares en hojas recientemente maduras de plantas de chile húngaro cultivadas con potencial osmótico de -0.054 MPa en la solución nutritiva, proveen valores de referencia con fines de diagnóstico nutrimental.

Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Trejo, T. L. I. 2006. Nutrición de cultivos. Mundi-Prensa. 462 p.
- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 155 p.
- Azofeifa, A. y Moreira, M. 2008. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot) en Alajuela, Costa Rica, Agronomía Costarricense. 32:19-29.
- Azofeifa, A. y Moreira, M. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* cv. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica Agronomía Costarricense. 29:77-84.
- Barker, A. V. y Pilbeam, D. J. 2006. Handbook of plant nutrition. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 613 p.
- Bugarín, M. R.; Galvis, S. A.; Sánchez, G. P. y García, P. D. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. Terra. 20: 391-399.
- Castro, B. R.; Galvis, S. A.; Sánchez, G. P.; Peña, L. A.; Sandoval, V. M. y Alcántar, G. G. 2004. Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 10:147-152.
- Castro, B. R.; Sánchez, G. P.; Peña, L. A.; Alcántar, G. G.; Baca, C. G. A. y López, R. R. M. 2000. Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de peciolos de tomate de cáscara. Terra Latinoam. 18:141-145.
- Cruz, C. E.; Can, Ch. A.; Bugarín, M. R.; Pineda, P. J.; Flores, C. R.; Juárez, L. P. y Alejo, S. G. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Rev. Fitotec. Mex. 37: 289-295.
- Marschner, P. 2012. Mineral nutrition of higher plants. Third edition. Elsevier Academic Press. San Diego, CA, USA. 651 p.

According to nutrient extraction curves of Hungarian pepper it is observed that it is not recommended to apply large amounts of nutrients in the initial stage of crop development, because a significant proportion of nutrients would be out of reach from the root system of the plant.

Conclusions

The indices values of nutrient extraction can be used to determine nutrient demand of Hungarian peppers according to a yield goal, as follows (kg t⁻¹ product harvested): 3.1 N, 0.4 P, 4.2 K, 1 Ca and 0.2 Mg.

Foliar nutrient concentrations in recently mature leaves of Hungarian pepper plants grown with -0.054 MPa osmotic potential in the nutrient solution, provide reference values for nutritional diagnostic purposes.

End of the English version



- Mengel, K.; Kirkby, E. A.; Kosegarten, H. and Appel, T. 2001. Principles of plant nutrition. 5th (Ed.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 635 p.
- Partida, S. A. A. y Quezada, C. S. M. 2012. De los nombres del chile y sus variedades principales en tierras nayaritas. Rev. Fuente. 4:50-55.
- Pineda, P. J.; Avitia, G. E.; Castillo, G. A. M.; Corona, T. T.; Valdez, A. L. A. y Gómez, H. J. 2008. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. Terra Latinoam. 26:333-340.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Sixth International Congress on Soilless Culture. Proceedings International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands 633-650 pp.
- SNIIM. 2014. <http://www.economia-sniim.gob.mx/>.
- Sonneveld C. and Voogt W. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Springer Netherlands. The Netherlands. 431 p.
- Terbe, I.; Szabó, Z. and Kappel, N. 2006. Macronutrient accumulation in green pepper (*Capsicum annuum* L.) as affected by different production Technologies. Inter. J. Hortic. Sci. 12:13-19.
- Taiz, L. and Zeiger E. 2010. Plant Physiology. Fifth Edition. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA, USA. 782 p.
- Valentín, M. M. C.; Castro, B. R.; Rodríguez, P. J. E. y Pérez, G. M. 2013. Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum annuum* L.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 19:71-78.