

Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' en hidroponía*

Extraction of N-P-K in *Coriandrum sativum* 'Pakistan' in hydroponics

Elia Cruz Crespo^{1§}, Álvaro Can Chulim¹, Luis Javier Loera Rosales¹, Gisela Aguilar Benítez², Joel Pineda Pineda³ y Rubén Bugarín Montoya¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit-Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela, km 9. Xalisco, Nayarit, México. CP. 63780. Tel. (01) 331 2110128. (ccruz2006@yahoo.com.mx; canchulim@yahoo.com.mx; javie_loera_9@hotmail.com). ²Universidad Autónoma de San Luis Potosí - Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Altair 200. Colonia Del Llano, San Luis Potosí, México. CP. 78377. Tel. (01) 444 8422359. (gisela.aguilar@uaslp.mx). ³Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Suelos. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. Tel. (01) 595 9521634. (pinedapjoel@yahoo.com.mx).
[§]Autor para correspondencia: ccruz2006@yahoo.com.mx.

Resumen

Dada la escasa información sobre requerimientos nutrimentales para el cultivo de cilantro se planteó como objetivo evaluar la concentración y la extracción de N, P y K bajo diferentes potenciales osmóticos de la solución nutritiva durante el crecimiento hasta la floración. Por lo anterior, la variedad Pakistan se estableció en bolsas con tezontle rojo, en condiciones de invernadero el 20 de octubre de 2013. Las plantas se regaron con solución nutritiva de Steiner con potencial osmótico de 0.018, 0.036, 0.054 y 0.072 Mpa. El diseño experimental fue completamente al azar con 30 repeticiones para variables de crecimiento y cinco repeticiones para la determinación nutrimental. La unidad experimental fue una bolsa con tres plantas al momento del trasplante. Se determinó la altura de la planta, peso de la materia fresca, peso de la materia seca, lecturas SPAD, concentración y extracción de N, P y K. Se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias. Posteriormente, mediante regresión se estimaron los modelos de acumulación de nutrimentos. Se determinó que para alcanzar la altura comercial de 30 cm y el mejor rendimiento de materia fresca y seca, se debe utilizar la

Abstract

Given the limited information on nutritional requirements for coriander cultivation, is proposed to evaluate the concentration and extraction of N, P and K under different osmotic potentials of the nutrient solution during growth until flowering. Therefore, the Pakistan variety was established in bags with red tezontle, under greenhouse conditions on October 20, 2013. The plants were watered with nutrient solution of Steiner with osmotic potential of 0.018, 0.036, 0.054 and 0.072 Mpa. The experimental design was completely randomized with 30 replicates for growth variables and five replicates for nutritional determination. The experimental unit was a bag with three plants at the time of transplantation. The plant height, fresh matter weight, dry matter weight, SPAD readings, concentration and N, P and K extraction were determined. The analysis of variance and mean comparison test were performed. Subsequently, by means of regression, the nutrient accumulation models were estimated. It was determined that to reach the commercial height of 30 cm and the best yield of fresh and dry matter, we must use the nutrient solution of Steiner with the osmotic potential of 0.054 MPa from the transplant to 30 ddt. While

* Recibido: enero de 2017
Aceptado: marzo de 2017

solución nutritiva de Steiner con el potencial osmótico de 0.054 MPa desde el trasplante hasta los 30 ddt. En tanto que el índice de extracción nutrimental fue 5.38, 4.74 y 0.69 kg t⁻¹ de K, N y P, respectivamente. Si el interés es llegar a la etapa de floración (70 ddt) utilizar la misma solución.

Palabras claves: absorción, cilantro, fósforo, nitrógeno, potasio.

Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta aromática anual de alto consumo mundial de follaje y semilla, y es la India el principal productor, consumidor y exportador. En el Continente Americano también se cultiva y consume, donde México participa con una superficie cosechada de 5 502 ha distribuidas en los estados de Puebla, Baja California, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas, principalmente (Lubbe y Verpoorte, 2011; Nadeem *et al.*, 2013; SIAP, 2014); en tanto que Estados Unidos es uno de los principales importadores (Arizio y Curioni, 2011). De la demanda mundial de plantas aromáticas, en particular el cilantro, continúa en aumento como el registrado durante el quinquenio 2005-2009 a una tasa 7% anual promedio en términos de valor (Arizio y Curioni, 2011).

Las hojas, tallos y frutos se usan enteros o molidos como saborizante y especia, o las hojas pueden consumirse en fresco (Carrubba, 2009). También, por el contenido de aceite esencial en hojas y semillas es utilizado en la industria alimenticia, perfumera, tabaquera y cosmética; por sus propiedades alelopáticas es relevante en el área medicinal (Parthasarathy y Zachariah, 2008; Sahib *et al.*, 2013).

En la producción, la nutrición es uno de los factores más relevantes en el rendimiento y calidad de producto, y en el caso de las plantas aromáticas puede influir en la cantidad de aceite esencial (Srivastava *et al.*, 2002), pero también es la fertilización uno de los rubros que puede generar alto costo de producción, debido a la cultura del uso excesivo de los mismos y también debido a la alta variabilidad climática (Mendoza-Pérez *et al.*, 2015), lo que puede conducir a una baja rentabilidad. Información sobre el manejo de la fertilización de plantas aromáticas tal como el cilantro es escasa, y los estudios existentes se han enfocado principalmente al estudio del efecto del N (Ram *et al.*, 2006; González-García *et al.*, 2009).

the nutritional extraction index was 5.38, 4.74 and 0.69 kg t⁻¹ of K, N and P, respectively. If the interest is to reach the flowering stage (70 ddt) use the same solution.

Keywords: absorption, coriander, nitrogen, phosphorus potassium.

Introduction

The coriander (*Coriandrum sativum* L.) is an annual aromatic plant high global consumption of foliage and seed, and India is the largest producer, consumer and exporter. In the American Continent it is also cultivated and consumed, where Mexico participates with a harvested area of 5 502 ha distributed in the states of Puebla, Baja California, Sonora, Tlaxcala and Zacatecas, mainly (Lubbe and Verpoorte, 2011; Nadeem *et al.*, 2013; SIAP, 2014); while the United States is one of the main importers (Arizio and Curioni, 2011). The world demand for aromatic plants, particularly coriander, continues to increase, as in the five-year period 2005-2009, at an average annual rate of 7% in value terms (Arizio and Curioni, 2011).

The leaves, stems and fruits are used whole or ground as flavoring and spice, or the leaves can be consumed fresh (Carrubba, 2009). Also, for the essential oil content in leaves and seeds is used in the food industry, perfumery, tobacco and cosmetics; for their allelopathic properties it is relevant in the medical area (Parthasarathy and Zachariah, 2008; Sahib *et al.*, 2013).

In production, nutrition is one of the most relevant performance and product quality factors, and in the case of aromatic plants can influence the amount of essential oil (Srivastava *et al.*, 2002), but also the fertilization one of the items that can generate high production costs due to the culture of excessive use of them and also due to the high climatic variability (Mendoza-Pérez *et al.*, 2015), which can lead to low profitability. Information management fertilization of herbs such as coriander is scarce, and existing studies have focused mainly on the study of the effect of N (Ram *et al.*, 2006; González-García *et al.*, 2009).

The horticultural crops differ widely in the pattern of nutrient absorption through its growth cycle (Bugarín *et al.*, 2011). Due to the above, it is important to obtain

Los cultivos hortícolas difieren ampliamente en el patrón de absorción nutrimental a través de su ciclo de crecimiento (Bugarín *et al.*, 2011). Por lo anterior, es importante obtener la curva de extracción nutrimental de cada cultivo, ya que forma parte de los estudios de la demanda nutrimental, y permite el conocimiento de la cantidad de nutrientes que la planta utiliza en cada etapa fenológica, por lo que es necesario el muestreo secuencial representativo durante del ciclo de vida de la planta (Castro *et al.*, 2004). Para la generación de la curva de extracción se han adoptado técnicas de suministro de nutrientes que permiten un buen control de la disponibilidad de los mismos, tal como el cultivo sin suelo (Tagliavini *et al.*, 2005), esto implica el empleo de soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico (diferente disponibilidad o concentración de los elementos nutritivos), y poder determinar con ello la mejor expresión del rendimiento de un cultivo (Castro *et al.*, 2004).

Lo anterior, sirve de base para establecer programas de fertilización con el fin de maximizar la eficiencia de ésta durante su cultivo (Azofeifa y Moreira, 2005), además de reducir el impacto ambiental negativo por pérdidas de nutrientes de los sistemas de cultivo. Por lo anterior, la presente investigación se planteó con la finalidad de analizar el efecto de cuatro potenciales osmóticos de la solución nutritiva en la acumulación de materia fresca y seca, y extracción nutrimental de N, P y K en plantas de cilantro 'Pakistan' durante su crecimiento hasta floración, para lo cual se utilizó el sistema hidropónico con sustrato inerte (tezontle) y riego por goteo, esto de acuerdo a Sánchez (2004).

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, en un invernadero unimodular con cubierta de plástico y paredes de malla antiafidos. La humedad relativa promedio fue de 65%, la temperatura mínima y máxima promedios fueron de 22 y 34 °C, respectivamente y una radiación fotosintéticamente activa promedio de 328 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

El 20 de octubre de 2013 se colocaron tres semillas de cilantro 'Pakistan' de igual tamaño en cada cavidad de un almácigo de poliestireno de 200 cavidades, el cual contenía la mezcla de turba canadiense más vermiculita en proporción 4:1, v/v. La germinación ocurrió al sexto día después de la siembra (dds). El riego se realizó una vez al día con solución

the nutritional extraction curve of each crop, since it is part of the nutritional demand studies, and allows the knowledge of the amount of nutrients that the plant uses in each phenological stage, so it is required the representative during the life cycle of the plant sequential sampling (Castro *et al.*, 2004). For the generation of the curve extraction techniques have been adopted supply of nutrients that allow good control of the availability of data, such as soilless (Tagliavini *et al.*, 2005), this implies the use of nutrient solutions with different osmotic potential (different availability or concentration of nutrients), and thereby to determine the best expression of crop yield (Castro *et al.*, 2004).

The above, serves as a basis for establishing fertilization programs in order to maximize crop efficiency (Azofeifa and Moreira, 2005), as well as to reduce the negative environmental impact of nutrient losses from cropping systems. In order to analyze the effect of four nutrient solution osmotic potentials on the accumulation of fresh and dry matter, and nutritional extraction of N, P and K in 'Pakistan' coriander plants during the experiment its growth until flowering, for which the hydroponic system with inert substrate (tezontle) and drip irrigation was used, according to Sánchez (2004).

Materials and methods

The present investigation was carried out in the Academic Unit of Agriculture of the Autonomous University of Nayarit, in a unimodular greenhouse with plastic cover and antiafid mesh walls. The average relative humidity was 65%, the minimum and maximum temperature averages were 22 and 34 °C, respectively and an average photosynthetically active radiation of 328 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

On October 20, 2013, three equal-size coriander 'Pakistan' seeds were placed in each well of a 200-well polystyrene seedling, which contained the mixture of canadian peat plus vermiculite in a 4:1, v/v ratio. The germination occurred on the sixth day after sowing (dds). The irrigation was performed once a day with nutrient solution formulated by Steiner (1984) with an osmotic potential of 0.018 MPa. At 35 dds, the transplantation was carried out in 20*25 cm black polyethylene bags. The substrate used was red tezontle, with particle size between 1 to 10 mm in diameter. The bags were accommodated in a double row, at a distance of 20 cm

nutritiva formulada por Steiner (1984) con un potencial osmótico de 0.018 MPa. A los 35 dds, se llevó a cabo el trasplante en bolsas de polietileno negro de 20*25 cm. El sustrato utilizado fue tezontle rojo, con tamaño de partícula entre 1 a 10 mm de diámetro. Las bolsas se acomodaron en doble hilera, a una distancia de 20 cm entre plantas y 60 cm entre pasillos. Después del trasplante se inició la aplicación de las soluciones nutritivas con potencial osmótico de 0.018, 0.036, 0.054 y 0.072 MPa. El riego fue por goteo y se aplicó 25 mL por bolsa por día desde el trasplante hasta los 10 ddt, después 50 mL hasta los 20 ddt, y 100 mL de los 21 hasta los 60 ddt, distribuidos de uno a cuatro riegos, y un gasto de 25 mL por riego. A partir de los 61 ddt se aplicó 200 mL distribuidos en cuatro riegos con un gasto de 50 mL por riego, y considerando una fracción media de lixiviación de 20%.

Las soluciones nutritivas utilizadas fueron preparadas con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , K_2SO_4 , HNO_3 y micronutrientes (Cuadro 1). Para los micronutrientes se preparó una solución madre con: 2.8 g L⁻¹ de H_3BO_3 , 2.2 g L⁻¹ de $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.4 g L⁻¹ de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.08 g L⁻¹ de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.1 g L⁻¹ de Na_2MoO_4 y 3 mg L⁻¹ de Fe-EDTA. De esta solución se utilizó 1 mL por litro de solución nutritiva, en el cálculo del requerimiento de fertilizantes se consideró el análisis de agua muy importante para obtener el potencial osmótico indicado en cada solución nutritiva.

between plants and 60 cm between aisles. After the transplant began the application of nutrient solutions with osmotic potential of 0.018, 0.036, 0.054 and 0.072 MPa. The irrigation was by dripping and 25 mL per bag per day was applied from the transplant until 10 ddt, then 50 mL until 20 ddt, and 100 mL from 21 to 60 ddt, distributed from one to four irrigations, and one 25 mL per irrigation. From the 61 ddt was applied 200 mL distributed in four irrigations with an expense of 50 mL per irrigation, and considering a mean fraction of leaching of 20%.

The nutrient solutions were prepared with $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , K_2SO_4 , HNO_3 and micronutrients (Table 1). For the micronutrients for a mother solution was prepared: 2.8 g L⁻¹ of H_3BO_3 , 2.2 g L⁻¹ of $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.4 g L⁻¹ of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.08 g L⁻¹ of $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.1 g L⁻¹ of Na_2MoO_4 and 3 mg L⁻¹ of Fe-EDTA. From this solution was used 1 mL per liter of nutrient solution. In the calculation of the fertilizer requirement, water analysis was considered to obtain the osmotic potential indicated in each nutrient solution.

The pH of the solutions was adjusted to 5.5. At 10 days after transplantation (ddt), the application Captan[®] was made at 0.5 g L⁻¹. The experimental unit consisted of one bag, each with three plants at the time of transplantation, and the design was completely randomized with 30 replicates for the growth variables, and five replicates for the nutritional determinations.

Cuadro 1. Concentración de nutrimentos en las soluciones nutritivas empleadas.

Table 1. Concentration of nutrients in the nutrient solutions used.

Ψ_s (MPa)	NO_3^- (meq L ⁻¹)	H_2PO_4^- (meq L ⁻¹)	$\text{SO}_4^{=}$ (meq L ⁻¹)	Ca^{2+} (meq L ⁻¹)	Mg^{2+} (meq L ⁻¹)	K^+ (meq L ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)
0.018	3	0.25	1.75	2.25	1	1.75	0.51
0.036	6	0.5	3.5	4.5	2	3.5	1.1
0.054	9	0.75	5.25	6.75	3	5.25	1.52
0.072	12	1	7	9	4	7	2.05

Ψ_s = potencial osmótico; CE= conductividad eléctrica.

El pH de las soluciones se ajustó a 5.5. A los 10 días después del trasplante (ddt) se realizó una aplicación de Captan[®] a razón de 0.5 g L⁻¹. La unidad experimental consistió de una bolsa, cada una con tres plantas al momento del trasplante, y se utilizó el diseño completamente al azar con 30 repeticiones para las variables de crecimiento, y cinco repeticiones para las determinaciones nutrimentales.

The sampling was performed every 10 days from the transplant for growth variables, and every 20 days for nutritional content. The height of the plant was measured; for fresh material was cut the ground level of the substrate and weighed on an electronic balance Torrey[®] Model L-EQ (± 1 g of accuracy) then dried in an oven with circulating Blue M[®] model SW-17TA hot air 60 °C for 72 h (constant

Se realizaron muestreos cada 10 días a partir del trasplante para las variables de crecimiento, y cada 20 días para el contenido nutrimental. Se midió la altura de la planta; para la materia fresca se cortó la planta a nivel del sustrato y se pesó en una balanza electrónica Torrey® modelo L-EQ (± 1 g de precisión) después se secó en una estufa con circulación de aire caliente Blue M® modelo SW-17TA a 60 °C por 72 h (hasta peso constante). La materia seca se pesó con una balanza analítica Precisa® modelo BJ 1200C (± 0.001 g de precisión). Las lecturas SPAD se tomaron con el SPAD 502 Minolta LTD en las hojas con el tamaño representativo de cada las plantas en cada bolsa (hojas recientemente maduras).

Para la determinación de nutrimentos las hojas recientemente maduras se lavaron con agua destilada, se secaron y molieron. Se determinó N total por el método micro Kjeldahl (Alcántar-González y Sandoval-Villa, 1999). P se midió con el método de amarillo vanadato molibdato mediante un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific modelo GenesysTM20®, mientras que la concentración de K se determinó en un flamómetro Sherwood modelo 410® (Cambridge, UK). Se aplicó el análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) con el programa SAS (SAS, 1999). Mediante regresión se obtuvieron los modelos de acumulación de N, P y K; posteriormente, se generaron las curvas de extracción nutrimental.

Resultados y discusión

Variables de crecimiento

Para el consumidor una característica importante del cilantro en fresco es la longitud o la altura del follaje, la cual dependerá del mercado destino. Para la exportación de cilantro el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2007) señala que la longitud del mazo debe ser mayor a 17 cm, más no señala un valor máximo. En México, la altura aproximada del cilantro en los supermercados es de 20 cm, y en los mercados sobre ruedas se puede encontrar hasta de 30 a 35 cm en promedio, el cual es más común de consumir. De acuerdo al Cuadro 2, hasta los 20 ddt las plantas de cilantro alcanzaron la altura aproximada de 19 cm, donde las plantas irrigadas con las soluciones con potencial osmótico igual o mayor de 0.036 MPa presentaron 13% mayor altura en relación a aquellas irrigadas con la solución con un potencial osmótico de 0.018 MPa. La altura de la planta de 30 cm se

weight). The dry matter is weighed with an analytical balance Precisa® model 1200C BJ (± 0.001 g of accuracy). The SPAD readings were taken with the SPAD 502 Minolta LTD on the sheets with the representative size of each plants in each bag (freshly ripe leaves).

For the determination of nutrients the freshly ripened leaves were washed with distilled water, dried and ground. The total N was determined by the micro Kjeldahl method (Alcántar-González and Sandoval-Villa, 1999). P was measured with vanadate yellow molybdate method using a UV-Visible Thermo Fisher Scientific Model GenesysTM20® spectrophotometer, while the concentration of K was determined in a Sherwood flammeometer model 410® (Cambridge, UK). The Analysis of variance and comparison of means (Tukey, $p \leq 0.05$) was implemented with SAS (SAS, 1999) program. By regression the N, P and K accumulation models were obtained; subsequently, nutritional extraction curves were generated.

Results and discussion

Growth variables

For the consumer an important feature of fresh coriander is the length or height of the foliage, which will depend on the destination market. For the export of coriander, the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA, 2007) suggest that the length of the deck should be greater than 17 cm, but not a maximum value. In Mexico, the approximate height of coriander in supermarkets is 20 cm, and in markets on wheels can be found up to 30 to 35 cm on average, which is more common to consume. According to Table 2, up to 20 ddt the coriander plants reached a height of approximately 19 cm, where plants irrigated with solutions with osmotic potential equal to or greater than 0.036 MPa presented a 13% higher height in relation to those irrigated with solution with an osmotic potential of 0.018 MPa. The height of the 30 cm plant was reached at 30 ddt with solutions with osmotic potential equal to or greater than 0.054 MPa; however, the height continued in increased through to 90 ddt. The height reached at both 20 and 30 ddt was sufficient to meet the above deck length requirement.

The fresh matter and dry matter obtained with the solutions with osmotic potential equal to or greater than 0.054 MPa was 30 to 50% higher in relation to that obtained with

alcanzó a los 30 ddt con las soluciones con potencial osmótico igual o mayor de 0.054 Mpa; no obstante, la altura continuó en aumentó a través hasta los 90 ddt. La altura alcanzada tanto a los 20 como 30 ddt fue suficiente para cumplir con el requisito de longitud de mazo arriba señalado.

the solutions with osmotic potential of 0.018 MPa and 0.036, from 10 ddt (Table 3). Also, it was observed that the treatments differed statistically in greater degree from the 40 ddt until the beginning of the flowering was registered at 70 ddt.

Cuadro 2. Altura de la planta (cm) de *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’, en función del potencial osmótico de la solución nutritiva.

Table 2. Height of the plant (cm) of *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’, depending on the osmotic potential of the nutrient solution.

Ψ_s (MPa)	Días después de trasplante (ddt)						
	10	20	30	40	50	70	90
0.018	8.1 b*	16.6 b	23.5 c	31.6 c	38.9 c	58.5 b	58.5 b
0.036	10.7 a	19.4 a	28.9 b	36.5 b	48.5 b	63.1 b	63.6 b
0.054	10.8 a	19.2 a	30.8 ab	38.5 ab	54.3 ab	78.3 a	78.8 a
0.072	10.8 a	19.6 a	31.6 a	39 a	56.8 a	74.9 a	75.1 a

*= Medias con la misma letra en columna, son estadísticamente iguales; Ψ_s = potencial osmótico.

Cuadro 3. Materia fresca, seca y lecturas SPAD en *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’ cultivado con diferentes potenciales osmóticos de la solución nutritiva.

Table 3. Fresh matter, dry matter and SPAD readings in *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’ cultivated with different osmotic potential of the nutrient solution.

Ψ_s (MPa)	Días después de trasplante (ddt)						
	10	20	30	40	50	70	90
Materia fresca (g bolsa ⁻¹)							
0.018	4.3 b*	8.7 b	20.7 b	60 c	105 c	147.7 d	155.3 d
0.036	5 b	9 b	24 b	94 b	154.3 b	203.3 c	215.7 c
0.054	8.3 a	12.7 a	35 a	115.7 a	215.7 a	285.3 b	305.7 b
0.072	8.7 a	12.3 a	37.7 a	121 a	243.7 a	305 a	325 a
CV	7.6	8.11	9.84	8.16	6.21	4.67	6.17
Materia seca (g bolsa ⁻¹)							
0.018	0.43 b	1.16 b	2.94 b	5.95 c	10.78 c	16.38 c	17.9 d
0.036	0.5 b	1.25 b	3.68 ab	8.54 b	15.49 b	21.13 b	24 c
0.054	0.83 a	1.74 a	4.41 ab	10.45 a	18.95 a	29.77 a	31.7 b
0.072	0.86 a	1.65 a	5.18 a	11.23 a	20.52 a	32.18 a	38.6 a
CV	7.59	7.02	16.71	7.88	6.71	12.98	8.43
Lecturas SPAD							
0.018	36.1 b	36.6 c	36.6 c	35.4 c	37.4 c	36.4 b	35.1 c
0.036	38.8 a	39.9 b	38.1 bc	37.8 b	39.8 b	39.8 ab	37.8 b
0.054	38.3 a	41.7 ab	41.9 a	40.2 a	42.2 a	39.2 a	40.4 a
0.072	37.4 ab	42.8 a	40.4 ab	39.5 ab	41.5 ab	39.5 a	39.7 ab
CV	3.65	5.1	5.82	4.68	6.6	3	7

*= Medias con la misma letra dentro de columna, son estadísticamente iguales; Ψ_s = potencial osmótico.

La materia fresca y la materia seca que se obtuvieron con las soluciones con potencial osmótico igual o mayor a 0.054 MPa fue 30 a 50% mayor en relación a la obtenida con las soluciones con potencial osmótico de 0.018 MPa y 0.036, esto desde los 10 ddt (Cuadro 3). También, se observó que los tratamientos se diferenciaron estadísticamente en mayor grado a partir de los 40 ddt hasta que se registró el inicio de la floración a los 70 ddt.

El mayor peso de la materia fresca y seca de las plantas irrigadas con los potenciales osmóticos de 0.054 y 0.072 MPa se atribuyeron a una mayor altura de planta y mayor cantidad de follaje hasta los 70 ddt, ya que se generó correlación positiva entre la altura de planta y la materia fresca ($r=0.688$; $p\leq 0.01$), entre la altura de planta y materia seca ($r=0.6443$; $p=0.02$), y entre materia fresca y materia fresca ($r=0.8464$; $p\leq 0.05$). En tanto que para los 90 ddt, el peso de la materia fresca y seca pudo deberse también al peso de las inflorescencias.

Estudios sobre niveles del potencial osmótico de la solución nutritiva y su relación con el crecimiento de plantas aromáticas son pocos. Al respecto, Carrasco *et al.* (2007) reportaron mayor crecimiento y mayor producción de materia fresca de la parte aérea de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con 0.054 MPa de potencial osmótico de la solución nutritiva en comparación con 0.108 y 0.162 MPa. Lo anterior, guarda similitud con la presente investigación donde la mayor producción de materia fresca y seca se obtuvo con 0.054 y 0.072 MPa. Por su parte, Calderón *et al.* (2011) evidenciaron un incremento en el peso de la materia seca de orégano (*Origanum vulgare* L.) a mayor concentración nutrimental de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon, donde el potencial osmótico fue de 0.054 hasta 0.072 MPa. Por su parte, Mollafilabi y Hosseini (2013), reportaron incremento de la materia seca aérea y la altura de planta de caléndula (*Calendula officinalis* L.) con 60 kg ha⁻¹ de N en comparación a 30 y 90 kg ha⁻¹. Lo mismo ocurrió con la materia fresca y seca de cultivo de menta (*Mentha arvensis* L.) al variar la concentración de N (Kiran y Patra, 2003).

La cantidad de materia seca, así como el tiempo para obtenerla, dependen de diversos factores, además del nutrimental. Donega *et al.* (2013) reportan que la producción de materia seca de la parte aérea fue diferente entre genotipos de *Coriandrum* cultivados en invernadero. Por lo que los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo pueden variar con respecto a otros estudios.

The greater weight of the fresh and dry matter of the irrigated plants with the osmotic potentials of 0.054 and 0.072 MPa were attributed to a higher plant height and greater amount of foliage up to 70 ddt, since a positive correlation was generated between the height of plant and fresh matter ($r=0.688$; $p\leq 0.01$) between plant height and dry matter ($r=0.6443$; $p=0.02$) and between fresh matter and fresh matter ($r=0.8464$; $p\leq 0.05$). Whereas for the 90 ddt, the weight of the fresh and dry matter could also be due to the weight of the inflorescences.

Studies on levels of the osmotic potential of the nutrient solution and its relation to the growth of aromatic plants are few. In this regard, Carrasco *et al.* (2007) reported higher growth and increased production of fresh matter of the aerial part of basil (*Ocimum basilicum* L.) with 0.054 MPa osmotic potential of the nutrient solution compared with 0.108 and 0.162 MPa. The above, is similar to the present research where the highest production of fresh and dry matter was obtained with 0.054 and 0.072 MPa. For his part, Calderon *et al.* (2011) showed an increase in weight of dry matter of oregano (*Origanum vulgare* L.) higher nutrient concentration of the nutrient solution Hoagland and Arnon, where the osmotic potential was 0.054 to 0.072 MPa. Meanwhile, Mollafilabi and Hosseini (2013) reported increased air dry matter and plant height Calendula (*Calendula officinalis* L.) with 60 kg ha⁻¹ of N compared to 30 and 90 kg ha⁻¹. The same happened with the fresh and dry matter of growing mint (*Mentha arvensis* L.) by varying the concentration of N (Kiran and Patra, 2003).

The amount of dry matter, as well as the time to obtain it, depends on several factors, in addition to nutritional. Donega *et al.* (2013) report that the production of dry matter of the aerial part was different between genotypes *Coriandrum* grown in greenhouses. Therefore, the results obtained in the present study may vary with respect to other studies.

The results of Tables 2 and 3 indicate that the Steiner solution with osmotic potential of 0.036 MPa can be used from the beginning of the growth of the coriander 'Pakistan' seedling, and once the height near 20 cm has been applied the solution with osmotic potential at 0.054 MPa for obtaining 30 cm of height for fresh consumption. If the interest is seed production it is recommended to explore the solution with osmotic potential 0.072 MPa or greater to this one, since at 90 ddt the highest material was recorded in this treatment.

Los resultados del Cuadro 2 y 3 indican que se puede utilizar la solución Steiner con potencial osmótico de 0.036 MPa desde el inicio del crecimiento de la plántula de cilantro ‘Pakistan’, y una vez alcanzada la altura cercana a 20 cm se debe aplicar la solución con potencial osmótico a 0.054 MPa para la obtención de 30 cm de altura para consumo en fresco. Si el interés es la producción de semilla se recomienda la solución con potencial osmótico 0.072 MPa o mayor a este, dado que a 90 ddt se registró la mayor materia en este tratamiento.

En referencia a las lecturas SPAD a 10 ddt las soluciones con potencial osmótico igual o mayor a 0.036 MPa fueron iguales entre sí, y diferentes en relación con las obtenidas con 0.018 Mpa (Cuadro 3). Conforme pasó el tiempo las lecturas SPAD obtenidas con las soluciones con potencial osmótico igual o mayor de 0.054 Mpa, se diferenciaron de las obtenidas con las soluciones con potencial osmótico de 0.018 y 0.036 MPa, al igual que la solución a 0.036 MPa fue diferente de la solución a 0.018 MPa. Esto es congruente con lo reportado por Calderón *et al.* (2011), quienes señalan un incremento gradual de las lecturas SPAD en hojas de orégano conforme la concentración del N, dado el incremento en el potencial osmótico en la solución nutritiva utilizada con 0.018 a 0.072 MPa.

In reference to the SPAD readings at 10 ddt, solutions with osmotic potential equal to or greater than 0.036 MPa were equal to each other, and different in relation to those obtained with 0.018 MPa (Table 3). As time passed the SPAD readings obtained with solutions with osmotic potential equal to or greater than 0.054 MPa differed from those obtained with solutions with osmotic potential of 0.018 and 0.036 MPa, just as the solution at 0.036 MPa was different from Solution at 0.018 MPa. This is consistent with those reported by Calderon *et al.* (2011), who indicate a gradual increase of the SPAD readings in oregano leaves according to the concentration of N, given the increase in the osmotic potential in the nutrient solution used with 0.018 to 0.072 MPa.

Nutritional concentration

The concentration of N was affected by the treatments (Table 4). At 10 ddt, plants treated with the solution with osmotic potential equal to or greater than 0.036 MPa showed equal concentration of N among each other, but were higher by 34% in relation to plants irrigated with nutrient solution with 0.018 MPa.

Cuadro 4. Concentración (%) de N, P y K en *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’ en función del potencial osmótico de la solución nutritiva.

Table 4. Concentration (%) of N, P and K in *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’ according to the osmotic potential of the nutrient solution.

Ψ_s (MPa)	Días después del trasplante (ddt)				
	10	30	50	70	90
	N				
0.018	2.4 b*	2.58 c	2.74 c	3.45 c	3.07 c
0.036	3.51 a	3.34 b	3.3 b	3.4 b	3.49 b
0.054	3.89 a	3.76 a	3.93 a	3.95 a	3.92 a
0.072	3.63 a	3.72 a	3.87 a	3.97 a	3.94 a
CV	8.94	3.91	3.82	1.65	1.66
	P				
0.018	0.26 a*	0.45 b	0.615 b	0.6 c	0.60 d
0.036	0.32 a	0.52 ab	0.85 ab	0.88 b	0.93 c
0.054	0.32 a	0.55 ab	0.95 a	1.02 b	1.12 b
0.072	0.34 a	0.65 a	1.07 a	1.25 a	1.25 a
CV	9.59	9.7	10.74	7.26	3.11
	K				
0.018	3.34 b*	3.65 b	3.75 b	3.79 a	3.88 c
0.036	3.51 b	3.68 b	4.25 b	4.28 b	4.33 b
0.054	3.68 ab	4.27 a	4.89 a	4.89 a	4.85 a
0.072	4.17 a	4.6 a	4.81 a	5.02 a	5.14 a
CV	5.34	4.98	4.53	3.49	4

*=Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Ψ_s = potencial osmótico.

Concentración nutrimental

La concentración de N fue afectada por los tratamientos (Cuadro 4). A los 10 ddt, las plantas tratadas con la solución con potencial osmótico igual o mayor a 0.036 MPa mostraron entre sí igual concentración de N, más fueron superiores en un 34 % en referencia a las plantas irrigadas con solución nutritiva con 0.018 MPa.

A mayor edad de la planta, se distinguieron las plantas irrigadas con las soluciones con potencial osmótico igual o mayor a 0.054 MPa, con 15% mayor concentración, aproximadamente, respecto de las demás soluciones. En relación a esto, Ramírez *et al.* (2003) observaron en el cultivo de apio (*Apium graveolens* L.) mayor concentración de N en el tejido foliar, a mayor cantidad de N aplicado. Esto también fue observado en el cultivo de papa (Badr *et al.*, 2011). Por otra parte, hay estudios en cultivo de maíz y café donde se ha relacionado la concentración de N en el tejido de la planta, con las dosis de N aplicado y las lecturas SPAD (Torres *et al.*, 2005; González *et al.*, 2009).

En la presente investigación las lecturas SPAD mantuvieron correlación positiva con la concentración de N ($r = 0.6825$; $p \leq 0.01$). También, se encontró correlación entre la materia fresca y materia seca ($r = 0.846$; $p \leq 0.005$), entre materia fresca y seca con la altura de la planta ($r = 0.666$; $p \leq 0.01$), y entre la altura de la planta con la concentración de N ($r = 0.788$; $p \leq 0.05$). Lo anterior concuerda con Daneshian y Ghaemmaghami (2012), quienes indican que el crecimiento de las hierbas aromáticas mantiene alta correlación con la aplicación de N.

En tanto, las lecturas SPAD guardaron correlación positiva con materia fresca ($r = 0.5377$; $p \leq 0.07$), materia seca ($r = 0.772$; $p \leq 0.03$) y altura de la planta ($r = 0.5723$; $p \leq 0.05$). En relación a P (Cuadro 4), las plantas irrigadas con soluciones cuyo potencial fue igual o mayor a 0.036 MPa mantuvieron la más alta concentración, 21% aproximadamente, esto a los 30 y 50 ddt; sin embargo, en muestreos a los 70 y 90 ddt, la concentración fue mayor sólo en las plantas tratadas con la solución de 0.072 MPa de potencial osmótico. Entre los potenciales osmóticos 0.018 y 0.036 MPa no se observaron diferencias. En estudio realizado por Moreira *et al.* (2005), se mostró el incremento en la concentración de P en el tejido foliar de caléndula por el incremento de la concentración de P en solución.

At higher plant age, irrigated plants were distinguished with solutions with osmotic potential equal to or greater than 0.054 MPa, with a 15% higher concentration, compared to the other solutions. In this connection, Ramírez *et al.* (2003) observed in the cultivation of celery (*Apium graveolens* L.) greater concentration of N in leaf tissue, a greater amount of N applied. This was also observed in the potato crop (Badr *et al.*, 2011). Moreover, studies in maize and coffee which has been linked N concentration in plant tissue, with the doses of N applied and SPAD reading (Torres *et al.*, 2005; González *et al.*, 2009).

In this research the SPAD readings remained positive correlation with the concentration of N ($r = 0.6825$; $p \leq 0.01$). Between strawberry and dry matter with plant height ($r = 0.846$; $p \leq 0.005$), and between plant height; also, correlation between fresh and dry matter ($r = 0.666$; $p \leq 0.01$), was found with the concentration of N ($r = 0.788$; $p \leq 0.05$). This agrees with Daneshian and Ghaemmaghami (2012), who indicate that the growth of the aromatic herbs maintains high correlation with the application of N.

Meanwhile, SPAD readings kept positive correlation with fresh material ($r = 0.5377$; $p \leq 0.07$), dry matter ($r = 0.772$; $p \leq 0.03$) and plant height ($r = 0.5723$; $p \leq 0.05$). In relation to P (Table 4), plants irrigated with solutions whose potential was equal to or greater than 0.036 MPa maintained the highest concentration, approximately 21%, this at 30 and 50 ddt; however, in samplings at 70 and 90 ddt, the concentration was higher only in the plants treated with the 0.072 MPa solution of osmotic potential. Between the osmotic potentials 0.018 and 0.036 MPa no differences were observed. In study by Moreira *et al.* (2005), the increase in P concentration in marigold leaf tissue was shown by the increase of P concentration in solution.

As for K, plants irrigated with solutions with osmotic potential equal to or greater than 0.054 MPa expressed the highest concentration (10 to 22%) from 10 to 90 ddt, a trend similar to that presented by N (Table 4). Studies of the effect of variation of the osmotic potential of the nutrient solution on the content of K in aromatic plants is scarce; however, it has been observed in other crops such as tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). In this regard, Cruz *et al.* (2012) found an increase in K concentration in tomato foliage with the Steiner solution with 0.036 MPa, without difference of this with respect to the osmotic potential of

En cuanto a K, las plantas irrigadas con las soluciones con potencial osmótico igual o mayor a 0.054 MPa expresaron la mayor concentración (10 a 22%) desde 10 hasta 90 ddt, tendencia similar a la que presentó N (Cuadro 4). Estudios del efecto de la variación del potencial osmótico de la solución nutritiva sobre el contenido de K en plantas aromáticas es escaso; no obstante, se ha observado en otros cultivos como en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). Al respecto, Cruz *et al.* (2012), encontraron incremento de la concentración de K en el follaje de tomate con la solución de Steiner con 0.036 MPa, sin diferencia de esta con respecto al potencial osmótico de 0.054 y 0.072 MPa. Hernández *et al.* (2009), evaluaron las relaciones 1:1.5, 1:2, 1:2.5 y 1:3 de N:K en el cultivo de tomate, y detectaron incremento significativo del K foliar cuando la relación N:K cambio de 1:1.5 a 1:2, mientras a mayor proporción de K no encontraron diferencia.

Extracción de N, P y K

Con lo anterior y considerando la altura comercial de 30 cm; es decir, los datos generados a 30 ddt, se calculó la absorción, el índice y modelo de extracción nutricional de N, P y K (Cuadro 5). El índice de extracción nutricional requerido para producir una tonelada de producto, es necesario para diseñar programas de fertilización en campo abierto, ya que junto con el valor de rendimiento esperado es posible calcular la demanda nutricional del cultivo (Castro *et al.*, 2004). El orden de extracción nutricional acumulada en cilantro a través del tiempo fue K>N>P (Figura 1), que coincide con lo reportado por Donega *et al.* (2013).

Cuadro 5. Absorción, índice y modelo de extracción de N, P y K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' para obtener la altura comercial de 30 cm (30 ddt).

Table 5. Absorption, index and model extraction rate of N, P and K in *Coriandrum sativum* 'Pakistan' for the commercial height of 30 cm (30 ddt).

Nutrimiento	Absorción (g bolsa ⁻¹) (0.054 MPa)	IEN (kg t ⁻¹)	Modelo de extracción	R ²	Pr> F
N	0.166	4.73	N= -6975x ² + 862.7x + 11.34	1	0.001
P	0.024	0.69	P= 34.66x + 3.882	0.95	0.0001
K	0.188	5.38	K= 190.7x + 31.9	0.91	0.0106

IEN= índice de extracción nutricional.

Las funciones matemáticas para las curvas de extracción de N, P y K se muestran en el Cuadro 5, donde se puede observar que tanto el coeficiente de determinación y la significancia fueron aceptables. La variable "x" representa el potencial osmótico de la solución nutritiva, por lo que en el caso del P se obtuvo que por el incremento en una unidad del potencial

0.054 and 0.072 MPa. Hernández *et al.* (2009), evaluated the ratios 1:1.5, 1:2, 1:2.5 and 1:3 of N:K in tomato culture, and detected a significant increase in leaf K when the N:K ratio changed from 1:1.5 to 1:2, while a higher proportion of K found no difference.

Extraction of N, P and K

With the above mentioned and considering the commercial height of 30 cm; i.e. the data generated at 30 ddt, the absorption, index and nutritional extraction model of N, P and K were calculated (Table 5). The rate of nutrient extraction, amount of nutrient required to produce a ton of product, it is necessary to design programs fertilization in the open, since along with the value of expected return is possible to calculate the nutrient demand of the crop (Castro *et al.*, 2004). The order of nutrient extraction coriander accumulated over time was K> N> P (Figure 1), which coincides with that reported by (Donega *et al.*, 2013).

The mathematical functions for the extraction curves of N, P and K are shown in Table 5, where it can be seen that both the coefficient of determination and the significance were acceptable. The variable "x" represents the osmotic potential of the nutrient solution, so that in the case of P it was obtained that by the increase in one unit of the osmotic potential of the nutrient solution the increase of P in the leaf tissue is of 0.623 g kg⁻¹ dry matter; while for K the increase is 3.43 g kg⁻¹ dry matter.

For the case of N, an expression was obtained indicating an increase in the N concentration in the foliar tissue by increment in one unit of the osmotic potential, whose minimum value was 4.22 g kg⁻¹ with 0.054 MPa, 0.072 MPa more with N concentration decreased. This is of importance since the nutrient concentration in the leaf tissue is related

osmótico de la solución nutritiva el aumento de P en el tejido foliar es de 0.623 g kg^{-1} de materia seca; mientras que para K el incremento es de 3.43 g kg^{-1} de materia seca.

Para el caso de N se obtuvo una expresión que indicó un incremento en la concentración de N en el tejido foliar por incremento en una unidad del potencial osmótico, cuyo valor mínimo fue de 4.22 g kg^{-1} con 0.054 MPa , más con 0.072 MPa la concentración de N disminuyó. Lo anterior, es de importancia ya que la concentración de nutrimento en el tejido foliar se relaciona con el rendimiento de materia fresca y seca. Por lo tanto, la obtención de índices de extracción nutrimental y las curvas de extracción nutrimental del cultivo de cilantro permitirán diseñar de forma más adecuada programas de fertilización en campo abierto.

Fue notorio que la absorción de N, P y K fue baja hasta los primeros 30 ddt (Figura 1). Al respecto, Ramírez *et al.* (2003), señalaron que el apio, mostró baja absorción de N durante la primera mitad del ciclo de desarrollo, aproximadamente a 42 ddt, lo que guarda relación con el cultivo de cilantro de la presente investigación hasta 30 ddt. Después a 50 ddt tanto el N, P y K se absorbieron en promedio hasta 63% del total y el 84% a 70 ddt, lo cual coincidió con el inicio de la floración del cilantro.

Conclusiones

Para obtener la altura comercial de 30 cm y buen rendimiento de materia fresca en *Coriandrum sativum* L. 'Pakistan' cultivado en sistema hidropónico y en condiciones de invernadero, se debe aplicar durante los primeros 30 días después del trasplante la solución nutritiva con potencial osmótico de 0.054 MPa ; también aplicar la misma solución posterior a los 30 días de trasplante hasta los 50 ddt, ya que para producción de flores o en su caso de semillas se deben estudiar soluciones nutritivas con mayor potencial osmótico.

Con el potencial osmótico de 0.054 y 0.072 MPa de la solución nutritiva se obtuvo la mayor concentración de N y P foliar desde los 10 días después de trasplante hasta floración; en tanto la mayor concentración de P se alcanzó con 0.036 MPa hasta los 50 días después de trasplante, después al inicio de la floración la mayor concentración fue con 0.072 MPa .

to the yield of fresh and dry matter. Therefore, obtaining nutrient extraction rates and nutritional extraction curves of the coriander crop will allow better design of fertilization programs in the open field.

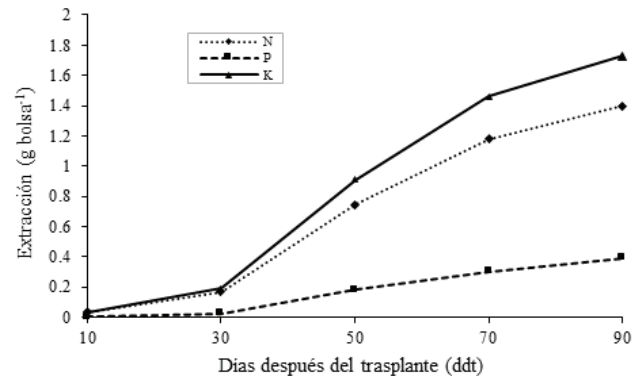


Figura 1. Curvas de extracción nutrimental de N, P y K de *Coriandrum sativum* 'Pakistan' irrigado con solución nutritiva con potencial osmótico 0.054 MPa desde 10 ddt hasta floración.

Figure 1. Curves of nutrient extraction of N, P and K of *Coriandrum sativum* 'Pakistan' irrigated with nutrient solution with osmotic potential 0.054 MPa for 10 ddt to bloom.

It was notorious that the uptake of N, P and K was low up to the first 30 ddt (Figure 1). In this regard, Ramírez *et al.* (2003), reported that celery showed low N uptake during the first half of the development cycle, at approximately 42 ddt, which is related to the coriander culture of the present investigation up to 30 ddt. After 50 ddt, both N, P and K were absorbed on average to 63% of the total and 84% at 70 ddt, which coincided with the onset of flowering of coriander.

Conclusions

For commercial height of 30 cm and good performance of fresh matter in *Coriandrum sativum* L. 'Pakistan' grown in hydroponic and greenhouse conditions should be applied during the first 30 days after transplantation the nutrient solution with osmotic potential 0.054 MPa ; also to apply the same solution after the 30 days of transplant until the 50 ddt, since for flower production or in its case of seeds it is necessary to study nutritive solutions with greater osmotic potential.

La extracción acumulada y orden nutrimental fue 5.38, 4.74, y 0.69 kg t⁻¹ de K, N y P, respectivamente; mientras la extracción acumulada de los nutrimentos N, P y K se incrementó a través del ciclo de crecimiento de la planta de cilantro ‘Pakistan’.

Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A. C. Chapingo, México. Publicación especial Núm. 10. 156 p.
- Arizio, O. and Curioni, A. 2011. Mercado mundial y regional de coriandro (*Coriandrum sativum* L.). Rev. Colomb. Cienc. Hortic. 5(2):263-278.
- Azofeifa, A. y Moreira, M. A. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. Agron. Costarrica. 29(1):77-84.
- Badr, M. A.; Taalab, A. S. and Tohamy, W. A. 2011. Nitrogen application rate and fertigation frequency for drip-irrigated potato. Austr. J. Basic Appl. Sci. 5(7):817-825.
- Bugarín, M. R.; Virgen, P. M.; Galvis, E. A.; García, P. D. Hernández, M. T.; Bojórquez, S. I. y Madueño, M. A. 2011. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. Revista Bioagro. 23(2):93-98.
- Calderón, M. L. A.; Bernal, R. A. M. y Pérez, T. M. M. 2011. Ensayo preliminar sobre la utilización de un medidor portátil de clorofila para estimar el nitrógeno foliar en orégano (*Origanum vulgare* L.). Rev. Facultad de Ciencias Básicas. 7(2):150-165.
- Carrasco, G.; Ramírez, P. y Vogel, H. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT.
- Carrubba, A. 2009. Nitrogen fertilization in coriander (*Coriandrum sativum* L.): a review and meta-analysis. J. Sci. Food Agric. 89(6):921-926.
- 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(2):147-152.
- Cruz, C. E.; Sandoval V. M.; Volke H. V. H.; Can C. A. y Sánchez, E. J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3(7):1361-1373.
- Daneshian, A. M. and Ghaemmaghami, S. 2012. Essential oil and herb yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) under selected plantings and nitrogen treatments. Acta Hortic. 964(1):115-120.
- Donega, M. A.; Mello, S. C.; Morales, R. M. and Cantrell, Ch. L. 2013. Nutrient uptake, biomass yield and quantitative analysis of aliphatic aldehydes in cilantro plants. Industrial Crops and Products. 44: 127-131.
- González, T. A.; Figueroa, V. U.; Delgado, J.; Hernández, N. G.; Cueto, W. J.; Preciado, R. P. y Palomo, G. A. 2009. Calibración del SPAD-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero. Terra Latinoam. 27(1):303-309.
- With the osmotic potential of 0.054 and 0.072 MPa of the nutrient solution, the highest concentration of N and P foliar was obtained from 10 days after transplanting to flowering; while the highest concentration of P was reached with 0.036 MPa until the 50 days after transplant, after the beginning of flowering the highest concentration was with 0.072 MPa.
- The cumulative extraction and nutrimental order was 55.38, 4.74, and 0.69 kg t⁻¹ of K, N and P, respectively; while accumulated extraction of N, P and K nutrients increased through the growth cycle of the coriander ‘Pakistan’ plant.

End of the English version



- González, G. J. L.; Rodríguez, M. M. N.; Sánchez-García, P. and Gaytán-Acuña, E. A. 2009. Ammonium/nitrate ratio in the production of aromatic herbs in hydroponics. Agric. Téc. México. 35(1):5-11.
- Hernández, M. I.; Chailloux, M.; Moreno, V.; Mojena, M. y Salgado, J. M. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de materia y extracción de nutrientes. Cultivos tropicales. 30(4):71-78.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Guía práctica de exportación de cilantro a los Estados Unidos. Managua, Nicaragua. 11 p.
- Kiran, U. and Patra, D. D. 2003. Medicinal and aromatic plant materials as nitrification inhibitors for augmenting yield and nitrogen uptake of japanese mint (*Mentha arvensis* L. Var. Piperascens). Bio. Technol. 86(1):267-276.
- Lubbe, A. and Verpoorte, R. 2011. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. Industrial Crops and Products. 34:785- 801.
- Mendoza, P. C.; Sifuentes, I. E. and Ramírez, A. C. 2015. Curvas de demanda nutrimental del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la variedad fianna. Rev. Inter. Inv. Inno. Tecnol. 3(16):1-8.
- Mollafilabi, A. and Hosseini, H. 2013. Effect of different seed rates and nitrogen fertilizer on yield and yield components of calendula (*Calendula officinalis*). Acta Hortic. 997(1):43-50.
- Moreira, P. A.; Marchetti, M. E.; Vieira, M. C.; Novelino, J. O.; Goncalves, M. C. e Robaina, A. D. 2005. Desenvolvimento vegetativo e teor foliar de macronutrientes da calêndula (*Calendula officinalis* L.) adubada com nitrogênio e fósforo. Rev. Bras. Plantas Medicinales. 8(1):18-23.
- Nadeem, M.; Anjum, F. M.; Khan, M. I.; Tehseen, S.; El-Ghorab, A. and Sultan, J. I. 2013. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L.) a review. British Food J. 115(5):743-755.
- Parthasarathy, V. A. and Zachariah, T. J. 2008. Coriander. In: chemistry of spices. Parthasarathy, V. A.; Chempakam, B. and Zachariah, T. J. (Eds.). Primera edición. CAB International. London, UK. 190-210 pp.

- Ram, D.; Ram, M. and Singh, R. 2006. Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi-arid subtropical climate. *Bio. Technol.* 97:886-893.
- Ramírez, M. P.; Castellanos, J. Z.; Sánchez, G. P.; Galvis, S. A.; Martínez, G. A. y Tijerina, Ch. L. 2003. Fertilización nitrogenada y patrón de absorción nutrimental del apio en fertirriego. *Terra Latinoam.* 21(1):101-108.
- Sahib, N. G.; Anwar, F.; Gilani, A. H.; Hamid, A. A.; Saari, A. and Alkharfy, K. M. 2013. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): a potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals- a review. *Phytotherapy Res.* 27(10):1439-1456.
- Sánchez, P. A. 2004. Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos. *In: tratado de cultivo sin suelo.* Urrestarazu, G. M. M. (Coord.). Tercera edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 49-79 pp.
- SAS (Statistical Analysis System). 1999. Version 8 User',s guide. Institute Inc. Cary NC. USA. 584 p.
- SIAP (Sistema de información agroalimentaria y pesquera). 2014. Producción agrícola, cíclicos y perenes modalidad riego más temporal.
- Srivastava, R. K.; Singh, A. K.; Kalra, A.; Tomar, V. K. S.; Bansal, R. P.; Patra, D. D.; Chand, S.; Naqvi, A. A.; Sharma, S. and Sushil, K. 2002. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. *Industrial Crops and Products.* 15:189-198.
- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Lunteren, The Netherlands. 633-649 pp.
- Tagliavina, M.; Baldia, E.; Lucchic, P.; Antonellia, M.; Sorrentia, G.; Baruzzib, G. and Faedib, W. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless cultura. *Eur. J. Agron.* 23:15-25.
- Torres, N. A.; Campostrini, E.; Goncalves de Oliveira, J. and Bressan, S. R. E. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophylla fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Hort.* 104(1):199-209.