

Inducción de deficiencias nutrimentales en nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.)*

Nutritional deficiencies induction in nopal (*Opuntia ficus indica* (L.))

Yolanda Leticia Fernández Pavía¹, José Luis García Cué^{2§}, Alfredo López Jiménez¹ y Gustavo Mora Aguilera³

¹Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. IREGEP-Fruticultura. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. (mapale1@colpos.mx; alopez@colpos.mx). ²Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo-ISEI- Estadística. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. ³IFIT-Fitosanidad, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. (gmora@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: jlgcue@colpos.mx.

Resumen

La investigación tuvo por objetivo analizar la sintomatología visual y nutrimental en nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.) por medio de la inducción de deficiencias nutrimentales mediante la técnica del elemento faltante bajo condiciones de hidroponía. Para cumplir con esta meta, se planeó trabajar en un invernadero del Colegio de Postgraduados en el Estado de México, a partir de junio de 2008 hasta que en la plantas se observaran las deficiencias nutrimentales buscadas. Los materiales vegetales utilizados fueron cladodios de un año provenientes de la zona productora de Tlanepantla, Morelos, que se secaron y trasplantaron en macetas con tezontle promoviendo su enraizamiento. Se probaron 11 tratamientos de distintas soluciones nutritivas con tres repeticiones cada una, cada maceta constituyó una unidad experimental y los tratamientos se distribuyeron de acuerdo a un diseño completamente al azar. Se analizaron los datos a través de un ANOVA con pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$). En los resultados se destaca que las plantas presentaron deficiencias nutrimentales a los 13 meses de iniciado el experimento, se observaron diferencias morfológicas con la presencia o ausencia de hojas subuladas y la coloración de las mismas resaltando el tratamiento que no contenía nitrógeno. Asimismo, se apreciaron diferencias significativas en

Abstract

This research aimed to analyze the visual and nutritional symptoms in nopal (*Opuntia ficus indica* (L.)), through induction of nutritional deficiencies by the missing element technique under hydroponic conditions. In order to meet this objective, we planned to work in a greenhouse of the Graduate College in the State of Mexico, from June 2008 until the plants searched nutritional deficiencies were observed. Plant materials used were cladodes a year from the production area of Tlanepantla, Morelos, which were dried and transplanted into pots with tezontle for promoting their rooting. 11 treatments of different nutrient solutions were tested with three replicates each, each pot was an experimental unit and treatments were distributed according to a completely randomized design. Data were analyzed through an ANOVA with means comparison test of Tukey ($\alpha=0.05$). In the results, it is quite important that the plants showed nutritional deficiencies at 13 months into the experiment; observing morphological differences in the presence or absence of subulate leaves and their coloring, highlighting the treatment that did not contain nitrogen. Also, significant difference in number of pads, dry weight and nutrient concentration were observed. It is concluded that this methodology works for inducing macro-nutrient deficiency.

* Recibido: marzo de 2015
Aceptado: junio de 2015

número de cladodios, peso seco y concentración nutrimental. Se concluye que esta metodología sirve para inducir la deficiencia de macronutrientes.

Palabras clave: *Opuntia ficus indica*, concentraciones nutrimentales, hidroponía.

Introducción

Autores como Valdéz-Cepeda *et al.* (2007), consideran que actualmente existe la necesidad de encontrar las bases técnicas de la producción de nopal y distinguir las alteraciones nutrimentales que se presentan por deficiencia de algún elemento esencial. Los métodos de diagnóstico de dichas alteraciones pueden ser cualitativos por observación donde se identifican síntomas visuales de alteraciones nutrimentales, o cuantitativos a través de análisis químicos de tejido vegetal del cultivo.

Para el caso del nopal verdura no se cuenta con suficiente información y la utilidad de contar con ella es la de apreciar algún trastorno que pueda ser corregida, mediante una fertilización apropiada. Para llegar a esta afirmación, se hizo una revisión de investigaciones sobre planta de nopal verdura, se distinguen diversas pesquisas y se resalta la de Vázquez-Alvarado *et al.* (2009) que detallan sobre aspectos nutrimentales y sobre el manejo de la planta en condiciones hidropónicas; además, Baca (1990) hace un análisis de deficiencias nutrimentales inducidas en nopal.

Se planteó la siguiente pregunta ¿Qué sintomatología visual y química presenta el nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.) cuando se le aplican soluciones nutritivas diferentes con la carencia de elementos esenciales como el nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros? Para responder esta interrogante se propuso una investigación que tuvo por objetivo analizar la sintomatología visual y nutrimental en nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.) por medio de la inducción de deficiencias nutrimentales mediante la técnica del elemento faltante bajo condiciones de hidroponía. La hipótesis propuesta consistió en que mediante la técnica del elemento faltante bajo condiciones de hidroponía se logra la inducción de deficiencias nutrimentales en nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.) que son notorias de manera visual y pueden ser medidas mediante análisis químicos.

Keywords: *Opuntia ficus indica*, hydroponics, nutrient concentrations.

Introduction

Authors like Valdéz-Cepeda *et al.* (2007), believe that there is now a need to find the technical basis for the production of nopal and, distinguish the nutritional conditions that present deficiency of an essential element. The diagnostic methods can be qualitative such alterations by visual observation where symptoms of nutritional or quantitative alterations were identified through chemical analysis of plant tissue culture.

In the case of the nopal, there is not enough information and, the usefulness of having it is to appreciate a disorder that can be corrected through proper fertilization. In order to reach this statement we performed a review of research, various investigations are distinguished and highlighted, Vázquez-Alvarado *et al.* (2009), detailing on nutritional aspects and management of the plant in hydroponic conditions; Additionally, Baca (1990) makes an analysis of nutrient deficiencies induced cactus.

Questioning: What visual symptoms and chemical presents the nopal *Opuntia ficus indica* (L.) when applying different nutrient solutions to the lack of essential elements like nitrogen, phosphorus, potassium, among others?, to answer this question, an investigation that aimed to analyze the visual and nutritional symptoms in nopal *Opuntia ficus indica* (L.) through induction of nutritional deficiencies by the missing element technique under hydroponic conditions was proposed. The proposed hypothesis was that by the missing element technique under hydroponic conditions inducing nutrient deficiencies in nopal *Opuntia ficus indica* (L.) that are visually noticeable is achieved and can be measured by chemical analysis.

The research methodology was experimental; it was conducted in a greenhouse with glass cover at the Postgraduate College in Agricultural Sciences, Montecillo, State of Mexico. It started in June 2008. The plant materials were cladodes a year from the community Comunotla in Tlalnepantla, Morelos, its size was between 25 and 30 cm

La metodología de la investigación fue experimental, se llevó a cabo en un invernadero con cubierta de vidrio en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. Se comenzó en junio de 2008. Los materiales vegetales fueron cladodios de un año provenientes de la comunidad de Comunotla en Tlanepantla, Morelos, su tamaño fue entre 25 y 30 cm con 13 cm de ancho y 1 cm de grosor según la propuesta de ASERCA (2001). Los cladodios se secaron a la intemperie durante 15 días, se trasplantaron en macetas de 15 litros con un sustrato de lava volcánica porosa (tezontle), con granulometría de 0.2 a 12.7 mm, a cada maceta se le regó diariamente durante 30 días con 250 mL de agua destilada, con el fin de promover la adaptación de las plantas al sistema hidropónico así como su enraizamiento.

Después, se prepararon distintas soluciones nutritivas con un potencial osmótico (PO) de 0.72 atm en tanques de 20 L⁻¹, estas fueron: completa (Universal de Steiner), sin nitrógeno (n), sin fósforo (p), sin potasio (k), sin calcio (ca), sin magnesio, completa sin hierro (fe), completa sin cobre (cu), completa sin zn (zn), completa sin manganeso (mn), completa sin boro (b), dando un total de 11. a partir de este punto se procedió a aplicar un diseño completamente al azar (DCA) que tuviera las 11 soluciones con tres repeticiones, dando un total de 33 unidades experimentales o macetas que fueron regadas con 350 mL de acuerdo al tratamiento que le correspondía.

El pH de las soluciones nutritivas se ajustó diariamente antes del riego a 5.5±0.5. Las concentraciones de micronutrientes en todas las soluciones nutritivas fue de Fe 4, B 0.87, Mn 1.6 y Zn 0.23 y Cu 0.011 mg L⁻¹. Los cladodios que brotaron en cada planta madre se eliminaron hasta que, se observaron cambios morfológicos en todos los tratamientos. Después, se procedió a evaluar las siguientes variables: número de cladodios, peso fresco (g), peso seco (g), largo (cm), ancho (cm) y se analizaron químicamente solo las concentraciones de macroelementos en los cladodios por efecto del suministro de soluciones nutritivas carentes de N, P, K, Ca y Mg.

Los datos se analizaron a través de un análisis de la varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) apoyados del paquete SAS 9.0 para MS Windows. Los resultados más destacados fueron los siguientes: a los 13 meses de puesto el experimento se observaron cambios morfológicos en la planta de nopal (Figura 1).

En la Figura 1 se puede constatar que los cladodios sometidos al tratamiento con solución completa, presentan una coloración verde oscuro con numerosos gloquidios

with 13 cm wide and 1 cm thick as proposed by ASERCA (2001). Cladodes dried in the open for 15 days, transplanted into pots of 15 liters with a substrate of porous volcanic lava (volcanic rock), particle size of 0.2 to 12.7 mm, in each pot was watered daily for 30 days with 250 mL of distilled water in order to promote adaptation of plants to hydroponic system and rooting.

Then nutrient solutions with different osmotic potential (PO) of 0.72 atm in tanks 20 L⁻¹, these were prepared: full (Universal Steiner) without nitrogen (N) without phosphorus (P) without potassium (k) without calcium (Ca) without magnesium, complete without iron (Fe), complete without copper (cu), complete without zn (zn), complete without manganese (Mn), complete without boron (b), giving a total 11. From this point, we proceeded to apply a completely randomized design (DCA) to take the 11 solutions with three repetitions, for a total of 33 experimental units or pots were watered with 350 mL according to corresponding treatment.

The pH of the nutrient solutions was adjusted daily before irrigation to 5.5±0.5. The concentrations of micronutrients in all nutrient solutions was Fe 4, B 0.87, Mn 1.6 and Zn 0.23 and Cu 0.011 mg L⁻¹. Cladodes that sprouted in each mother plant were eliminated until, morphological changes were observed in all treatments. Then we proceeded to evaluate the following variables: number of pads, fresh weight (g) dry weight (g), length (cm) width (cm) and only the concentrations of macro-elements cladode chemically analyzed effect of nutrient solutions lacking supply of N, P, K, Ca and Mg.

Data were analyzed by analysis of variance and comparison tests Tukey ($\alpha=0.05$) supported the SAS 9.0 package for MS Windows. The main results were as follows: at 13 months since the experiment morphological changes were observed in the cactus plant (Figure 1).

In Figure 1 is shown that, the cladodes subjected to treatment with complete solution have a dark green color with numerous glochids and subulate leaves of good size, coinciding with that described by Epstein and Bloom (2004) for other crops. The treatment without nitrogen, has little growth, lacks a chlorotic leaves subulate or greenish yellow color similar to that reported by Baca (1990). Which it lacks phosphorus has a purple coloration in the leaves subulate and is similar to that described by Marschner (1995) in other plants. With potassium deficiency presents

y hojas subuladas de un buen tamaño coincidiendo con lo descrito por Epstein y Bloom (2004) para otros cultivos. El tratamiento sin nitrógeno, presenta poco crecimiento, carece de hojas subuladas con una coloración clorótica o color amarillo verdoso similar a lo reportado por Baca (1990). El que carece de fósforo presenta una coloración morada en las hojas subuladas y es similar a lo descrito por Marschener (1995) en otras plantas. Con deficiencia de potasio presenta cladodios carentes de hojas subuladas con una deshidratación en la base del cladodio, lo mismo fue distinguido en hortalizas por Jones (2003).

Sin calcio se presentó un adelgazamiento y deformación de los cladodios como lo describen Saure (2014) en diferentes cultivos. Sin magnesio se observa una clorosis a nivel de hojas subuladas similar a lo encontrado por Fuentes-Carvajal *et al.* (2006) en *Aloe vera* y Epstein y Bloom (2004) en otros cultivos. Después, se procedió a medir las variables: número de cladodios, peso fresco, peso seco, largo y ancho. En el Cuadro 1, se presentan los resultados obtenidos del ANVA del DCA con ($\alpha=0.05$) y pruebas de comparación de medias de Tukey en el que se destaca que el mayor número de cladodios promedio aparecieron tanto en la solución completa (4.83) como en la solución sin Ca (4.33) en contraste con las menor número sin B (1.87) que representan sólo 39% de la anterior.

devoid of leaves subulate with dehydration at the base of cladode cladodes, as was distinguished in vegetables by Jones (2003).



Figura 1. Diferencias visuales de macronutrientos en los tratamientos que resultaron más significativas en la planta de nopal.

Figure 1. Visual differences of macronutrients in treatments those were most significant in the cactus plant.

Without calcium, thinning and deformation of the cladodes as described Saure (2014) was presented in different crops. Without magnesium, chlorosis observed leaves subulate level similar to that found by Fuentes-Carvajal *et al.* (2006),

Cuadro 1. Datos promedio de las variables de crecimiento en nopal por efecto de la aplicación de soluciones nutritivas y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$).

Table 1. Average growth variables in cactus due to the application of nutrient solutions and comparison tests Tukey ($\alpha=0.05$).

Solución nutritiva Steiner	Núm.		Peso fresco (g)		Peso seco (g)		Largo (cm)		Ancho (cm)	
Completa	4.83	a [†]	134.68	b [†]	13.97	a [†]	28.25	a	13.01	a
Sin nitrógeno (N)	1	g	48.31	f	7.2	de	12.33	e	6.56	g
Sin fósforo (P)	4	bc	77.97	e	8.64	cde	21.24	c	9.41	cd
Sin potasio (K)	3.63	bcd	79.18	e	8.37	de	21.48	c	10	bc
Sin calcio (Ca)	4.33	ab	92.08	d	10.3	bc	19.3	cd	8.72	de
Sin magnesio (Mg)	4	bc	78.67	c	9	cd	24.63	b	9.83	cd
Sin hierro (Fe)	3.46	cd	129.38	bc	11.8	b	20	cd	7.55	efg
Sin zinc (Zn)	3.19	de	155.97	a	7.74	de	18.35	d	11.81	ab
Sin manganeso(Mn)	2.25	f	134.25	b	7.02	e	19.3	cd	7	fg
Sin boro (B)	1.87	f	149.19	a	7.29	de	21.64	c	10.92	bc
Sin cobre (Cu)	2.48	ef	123.41	c	11.23	b	24.63	b	8.37	def
DMS	0.72		10.23		2.05		2.63		1.63	
CV	7.79		3.2		7.8		4.3		5.97	
R ²	0.96		0.97		0.95		0.96		0.97	

[†]= medias con la misma letra en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($\alpha=0.05$); DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; R²= coeficiente de determinación.

El mayor peso fresco lo presentan las soluciones completas sin Zn (155 g) y sin B (155.97 g), las soluciones completas sin N presentó el peso mínimo de (48.31 g) lo que representa solo 31%. La solución nutritiva Steiner completa mostró mejores medias en cuanto a largo (28.25 cm) y ancho de cladodio (13.01 cm) en contraste con la solución sin N que presenta la menor respuesta promedio en largo (12.33 cm) y ancho del cladodio (6.56 cm) siendo aproximadamente la mitad del tamaño. Más adelante, se procedió a analizar las concentraciones de elementos N, P, K, Ca y Mg en los cladodios.

En el Cuadro 2, se exponen los promedios y la prueba de comparación de medias de Tukey donde se muestran valores muy bajos de concentración para cada elemento faltante de la solución completa, datos que coinciden con reportes Epstein y Bloom (2004); Fuentes-Carvajal *et al.* (2006), en otros cultivos.

Cuadro 2. Porcentaje promedio de las concentraciones de elementos en los cladodios por efecto del suministro de soluciones nutritivas carentes de N, P, K, Ca y Mg nutritivas y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$).

Table 2. Average percentage of element concentrations in cladode, on the effect of nutrient solutions lacking supply of N, P, K, Ca and Mg nutrition and comparison tests Tukey ($\alpha=0.05$).

Tratamientos	N		P		K		Ca		Mg	
Completa	2.23	a†	0.85	a	5.76	a	3.5	a	1.75	a
Sin nitrógeno (N)	0.71	c	0.34	def	4.16	bc	2.67	b	1.65	ab
Sin fósforo(P)	2.03	a	0.19	f	4.99	ab	2.69	b	1.71	a
Sin potasio (K)	1.69	ab	0.57	bcd	1.35	d	1.32	c	1.69	ab
Sin calcio (Ca)	1.59	abc	0.52	bcd	3.41	c	1.97	bc	1.62	ab
Sin magnesio(Mg)	1.38	abc	0.46	bcde	4.51	b	2.3	b	1.29	c
Sin hierro(Fe)	2.13	a	0.4	bcdef	5.14	ab	2.25	b	1.5	b
Sin zinc(Zn)	2.03	a	0.6	bc	4.48	b	2.2	b	1.6	ab
Sin manganeso(Mn)	2.03	a	0.64	ab	5.03	ab	2.36	b	1.6	ab
Sin boro(B)	1.96	a	0.42	bcdef	4.39	bc	2.73	ab	1.62	ab
Sin cobre(Cu)	1.39	abc	0.49	bcd	4.51	b	2.54	b	1.64	ab
DMS	0.99		0.2		1		0.77		0.16	
CV	19.46		14.92		7.96		10.99		13.49	
R ²	0.71		0.88		0.94		0.85		0.84	

†= medias con la misma letra en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($\alpha=0.05$); DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; R²= coeficiente de determinación.

Conclusiones

A partir de los 13 meses de realizado el experimento se observaron deficiencias en la planta, se destacan las diferencias morfológicas con la presencia o ausencia de hojas subuladas y la coloración de las mismas resaltando el tratamiento que no contenía nitrógeno.

in *Aloe vera* and Epstein and Bloom (2004) in other crops. Then we proceeded to measure the variables: number of pads, fresh weight, dry weight, length and width. In Table 1, the results of ANOVA of DCA ($\alpha=0.05$) and comparison tests Tukey where it stands presented the highest number of average cladodes were both complete solution (4.83) and in the solution without Ca (4.33) in contrast to fewer without B (1.87) representing only 39% of the previous one.

The highest fresh weight was present on the complete solutions without Zn (155 g) without B (155.97 g), complete solutions without N presented the minimum weight (48.31 g) which represents only 31%. Steiner complete nutrient solution showed better means regarding the length (28.25 cm) and width of cladode (13.01 cm) in contrast to the solution without N, which has the lowest average response on length (12.33 cm) and width on Cladode (6.56 cm)

being approximately half the size. Later, we proceeded to analyze the concentrations of elements N, P, K, Ca and Mg in the pads.

In the Table 2, the means and the comparison test of Tukey where very low concentration values for each missing element of the complete solution, data matching reports by Epstein and Bloom (2004) is exposed; Fuentes-Carvajal *et al.* (2006), in other crops.

En las variables de crecimiento en nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.) la solución sin nitrógeno (N) presenta la menor respuesta ya que este elemento es vital para el desarrollo de cualquier planta.

En el análisis de las concentraciones de elementos N, P, K, Ca y Mg, en los cladodios en la planta se presentan valores muy bajos de concentración para cada elemento faltante con respecto a la solución completa Steiner.

La metodología empleada en este experimento puede ser utilizada para inducir la deficiencia de macronutrientes.

Literatura citada

- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 2001. El nopal. Mercado mundial del nopalito. Rev. Claridades Agropecuarias 98.
- Baca, C. G. A. 1990. Deficiencias nutrimentales inducidas en nopal, proveniente de cultivo *in vitro*. López, G. J. J. y Ayala, O. M. J. (Ed.). El nopal. *In*: memorias de la 3ª reunión nacional y 1ª internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Buenavista Saltillo Coahuila, México. 155-163 pp.
- Epstein, E. y Bloom, A. J. 2004. Mineral nutrition of plants; principles and perspectives. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.
- Fuentes-Carvajal, A.; Imery, J. y Veliz, J. 2006 Efecto de la deficiencia de macronutrientes en el desarrollo vegetativo de Aloe vera. Revista Interciencia. 31(2):116-122.
- Jones, Jr. J. B. 2003. Agronomic handbook management of crops, soils and their fertility, CRC Press. Boca ratón, Florida, USA.
- Marschener, H. 1995 Mineral Nutrition in higher plants. 2a edición American Press. Londres.

Conclusions

After the experiment was performed by 13 months, deficiencies were observed on the plants, highlighting the morphological differences in the presence or absence of subulate leaves and their coloring, highlighting the treatment that did not contain nitrogen.

In the growth variables of nopal *Opuntia ficus indica* (L.), the solution without nitrogen (N) had the lowest response since this element is vital for the development of any plant.

In the analysis of the concentrations of elements N, P, K, Ca and Mg, in the plant cladodes in very low concentration values for each missing element is present with regard to the complete solution Steiner.

The methodology used in this experiment can be used to induce macronutrient deficiency.

End of the English version



- Saure, M. 2014. Why calcium deficiency is not the cause of blossom-end rot in tomato and pepper fruit - a reappraisal. Revista Scientia Horticulturae. 174 :151-154.
- Valdez-Cepeda, R. D.; Blanco-Macias, F.; Bernardo-Murillo, A.; García-Hernández, J. L. y Magallanes-Quintanar, R. 2007. Fertilización-nutrición en nopal. Rev. Salud Pública y Nutrición. 5:149.
- Vázquez-Alvarado, R. E.; Salazar-Sosa, E.; García-Hernández, J. L.; Olivares-Sáenz, E.; Vázquez-Vázquez, C.; López-Martínez, J. D. y Orona-Castillo, I. 2009. Producción hidropónica de nopal (*Opuntia ficus-indica*) con agua con alto contenido de sal. J. Prof. Assoc. Cactus Development.