






Extractos vegetales en el crecimiento y concentración nutrimental de hojas de lechuga (*Lactuca sativa*)

Effect of plant extracts in growth and nutrimental concentration of lettuce leaves (*Lactuca sativa*)

D. E. Moreno-Guerrero¹✉ , S. M. Ramírez-Olvera^{2*}✉ , H. L. Ojeda-Salgado³✉ , C. A. Pérez-Mercado³✉  · Libia Iris Trejo-Téllez²✉ 

¹ Posgrado de Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Veracruz, México.

² Posgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

³ Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

RESUMEN

El uso de extractos vegetales como bioestimulantes, es una alternativa en la producción agrícola. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aspersión foliar de extractos acuosos de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y cilantro (*Coriandrum sativum*), en el crecimiento y concentración nutrimental de hojas de lechuga. Plántulas de 30 d de edad, se asperjaron con los tratamientos durante 28 d, en intervalos de siete días. La aspersión de los extractos no modificó la altura de planta, ni el número de hojas. El extracto de nopal incrementó la concentración de P, Fe y Zn; mientras que el extracto de cilantro, aumentó la concentración de N, P, Mg, Fe, Cu, Mn, B y Zn. Los extractos vegetales evaluados no tienen influencia en el crecimiento, pero sí en la concentración de nutrimentos en hojas de lechuga.

Palabras clave: Aspersión foliar; cultivar Parris; macro y micronutrientes.

ABSTRACT

The use of plant extracts as biostimulants is an alternative in agricultural production. The objective of this research was to evaluate the effect of foliar spraying of aqueous extracts of nopal (*Opuntia ficus-indica*) and coriander (*Coriandrum sativum*) on the growth and nutrient concentration of lettuce leaves. Thirty-day-old seedlings were sprayed with the treatments for 28 d, at seven-day intervals. Spraying of the extracts did not modify plant height or leaf number. The nopal extract increased the concentration of P, Fe and Zn; while the coriander extract increased the concentration of N, P, Mg, Fe, Cu, Mn, B and Zn. The evaluated plant extracts had no influence on growth, but did have an influence on the concentration of nutrients in lettuce leaves.

Keywords: Foliar spray; cultivar Parris; macro and micronutrients.

INTRODUCCIÓN

Los bioestimulantes derivados de plantas, incluyen extractos de hojas, raíces o semillas, que en combinación o individualmente tienen un efecto positivo en el metabolismo vegetal (Zulfiqar *et al.*, 2020). Mejoran el crecimiento, la absorción, y eficiencia en el uso de nutrimentos esenciales, la actividad de enzimas antioxidantes, y la tolerancia a factores de estrés biótico y abiótico (Ashraf *et al.*, 2016; Posmyk, 2016).

Plantas de moringa (*Moringa oleifera*), ajo (*Allium sativum*) y barbasco guineano (*Tephrosia vogelii*), han mostrado efectos positivos en el crecimiento vegetal (Ali *et al.*, 2019; Mkindi *et al.*, 2020; Zulfiqar *et al.*, 2020). El extracto de hojas de moringa, mejora el crecimiento en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum*) (Prabhu *et al.*, 2010); tomate (*Solanum lycopersicum*) (Culver *et al.*, 2012); yuca (*Manihot esculenta*) (Ndubuaku *et al.*, 2015); rábano (*Raphanus sativus*) (Ashraf *et al.*, 2016); mandarina (*Citrus nobilis* × *C. deliciosa*) (Nasir *et al.*, 2016), y geranio (*Pelargonium graveolens*) (Ali *et al.*, 2018). Incrementa la concentración de clorofilas, carotenoides, compuestos fenólicos y ácido ascórbico (Ashraf *et al.*, 2016; Ali *et al.*, 2018). La concentración de N, P, K, Ca, Mn y Zn en hojas (Nasir *et al.*, 2016); el rendimiento y la vida poscosecha (Culver *et al.*, 2012).

La aplicación del extracto acuoso de ajo, mejora el crecimiento de árboles de pera (*Pyrus communis* × *P. serotina*) (Abd El-Hamied y El-Amary, 2015), pepino (*Cucumis sativus*) (Xiao *et al.*, 2013), y berenjena (*Solanum melongena*) (Ali *et al.*, 2019). Incrementa la concentración de N, P, K, Ca y Mn en hojas (Xiao *et al.*, 2013), y mejora actividad de enzimas antioxidantes (Ali *et al.*, 2019).

La aspersión foliar del extracto acuoso de barbasco guineano a plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*), aumenta el número de vainas por planta, el rendimiento de semillas, la concentración de clorofilas, flavonoides y antocianinas (Mkindi *et al.*, 2020).

El efecto de los bioestimulantes derivados de plantas, se debe principalmente a los compuestos bioactivos presentes en estos, como fitohormonas, aminoácidos y nutrimentos (Elzaawely *et al.*, 2018; Nguyen *et al.*, 2020; Hassanein *et al.*, 2021). Por lo que el uso de extractos vegetales, es una alternativa sostenible en la mejora de la producción vegetal, y la reducción en el uso productos de síntesis química (Mutale-Joan *et al.*, 2020). Sin embargo, son pocos los estudios de los efectos bioestimulantes de otras especies vegetales, cuyos compuestos bioactivos podrían tener efectos positivos en el metabolismo vegetal.

Los cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y hojas de cilantro (*Coriandrum sativum*) contienen N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, B y Zn (Mohammadipour y Souri, 2019; Hernández-Becerra *et al.*, 2022). Además, los cladodios de nopal son fuente de compuestos fenólicos, flavonoides, proteínas,

*Autor para correspondencia: Sara Monzerrat Ramírez Olvera
Correo-e: maylin.perez@cigb.edu.cu

Recibido: 6 de enero de 2023

Aceptado: 2 de enero de 2024

Publicado: 23 de febrero de 2024

antocianinas, carotenoides, betalainas, esteroides, lignanos, saponinas y ácido ascórbico (Otálora *et al.*, 2021; Barba *et al.*, 2022; Manzanarez-Tenorio *et al.*, 2022). Las hojas de cilantro contienen carbohidratos, flavonoides y compuestos fenólicos (Santos *et al.*, 2014; Nguyen *et al.*, 2020; Hassanein *et al.*, 2021). Así como el terpeno limoneno (López-Martínez *et al.*, 2023).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta en el crecimiento y concentración nutrimental de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Parris, a la aplicación de extractos vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de plántulas

Semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivar Parris, tipo romana, se colocaron en turba empleada como sustrato y contenida en charolas de poliestireno de 200 cavidades, previamente desinfectadas, mediante inmersión en hipoclorito de sodio al 5 %, a dosis de 50 mL L⁻¹, durante 2 min. A los 30 d después de la siembra, se trasplantaron las plántulas.

Manejo del experimento

Las plántulas de lechuga de 30 d de edad, se transfirieron a bolsas de polietileno negro de 30 x 30 cm, en cuyo interior contenían tezontle de 12 mm. La nutrición se realizó con base en la solución nutritiva universal de Steiner (1984). Cada 24 h se suministraron 100 mL de solución nutritiva por bolsa.

A los 7 d después del trasplante, se asperjaron a las hojas 200 mL de cada tratamiento, durante 28 d en periodos de 7 d. Los tratamientos consistieron en extractos acuosos de hojas de cilantro, y cladodios de nopal a razón de 400 g de cladodios frescos de nopal, 200 g de hojas frescas de cilantro, por separado en 1 L de agua destilada, mismas que se dejaron macerar durante 1 h, y se filtraron en papel filtro de poro grueso (20 µm). Del cada extracto obtenido se tomaron 80, 120 y 160 mL, se diluyeron en 1 L de agua destilada, y se asperjaron a las hojas. El tratamiento testigo consistió en la aspersión de agua destilada.

Variables de crecimiento

Siete días después del inicio de tratamientos, se registró la altura de planta y el número de hojas durante 35 d, en periodos de siete días. La altura de la planta se midió con una regla de acero desde la base del tallo hasta la hoja más alta.

Variables nutrimentales

Las hojas de las lechugas, se colocaron en una estufa de aire forzado (HCF-125; Riossa, México), por 72 h a 70 °C. Después, el tejido seco se molió en un tamiz de malla 40, se tomaron 0.25 g de muestra, y se sometió a digestión húmeda con la mezcla de H₂SO₄:HClO₄ (2:1, v: v). Posteriormente, la muestra se aforó a 25 mL con agua desionizada y se filtró. Del extracto obtenido se determinó la concentración de macro y micronutrientes, en un espectrofotómetro de emisión óptica de plasma acoplado (Varian ICP OES 725-ES; Mulgrave, Australia). La concentración de N, se determinó por el método micro-Kjeldahl.

Análisis estadístico

Los tratamientos evaluados, se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (Tukey, $P \leq 0.05$), para lo cual se utilizó el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS

Extracto de nopal en el crecimiento y concentración nutrimental de plantas de lechuga

La altura de planta y el número de hojas no fueron influenciadas por la aplicación foliar de los extractos acuosos de nopal (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Altura de plantas de lechuga tratadas vía foliar con extracto de nopal.

Table 1. Height of lettuce plants, foliarly treated with nopal extract.

EANO (mL L ⁻¹)	Altura de planta (cm)				
	7 ddit	14 ddit	21 ddit	28 ddit	35 ddit
0	3.2 ± 0.3 a	3.1 ± 0.3 a	5.9 ± 0.3 a	7.3 ± 0.6 a	13.2 ± 0.8 a
80	3.5 ± 0.4 a	4.3 ± 0.5 a	6.3 ± 0.5 a	7.9 ± 0.4 a	13.4 ± 0.7 a
120	3.4 ± 0.5 a	4.5 ± 0.5 a	5.8 ± 0.6 a	7.1 ± 0.5 a	13.2 ± 0.1 a
160	3.3 ± 0.5 a	4.1 ± 0.5 a	6.2 ± 0.6 a	7.3 ± 0.6 a	13.3 ± 0.7 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EANO: extracto acuoso de nopal; ddit: días después del inicio de tratamientos.

Tabla 2. Número de hojas por planta en lechuga tratada con extracto de nopal vía foliar.

Table 2. Number of leaves per plant in lettuce, foliarly treated with nopal extract.

EANO (mL L ⁻¹)	Número de hojas				
	7 ddit	14 ddit	21 ddit	28 ddit	35 ddit
0	4.1 ± 0.3 a	5.3 ± 0.4 a	6.5 ± 0.5 a	6.1 ± 0.9 a	7.2 ± 0.6 a
80	4.7 ± 0.4 a	5.2 ± 0.4 a	6.6 ± 0.5 a	7.1 ± 0.6 a	7.1 ± 0.7 a
120	4.6 ± 0.5 a	5.0 ± 0.4 a	5.9 ± 0.7 a	6.7 ± 0.6 a	7.0 ± 0.5 a
160	4.1 ± 0.5 a	5.3 ± 0.4 a	6.3 ± 0.5 a	7.3 ± 0.6 a	7.4 ± 0.6 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EANO: extracto acuoso de nopal; ddit: días después del inicio de tratamientos.

Respecto a la concentración de macronutrientes en hojas de lechuga (Tabla 3), el extracto acuoso de nopal a una dosis de 160 mL L⁻¹, incrementó significativamente la concentración de fósforo en 60.79%. Por otro lado, la dosis 120 mL L⁻¹ redujo la concentración de potasio en 23.41%, en relación al tratamiento testigo.

Las concentraciones de hierro y zinc se modificaron con la aplicación foliar de extracto acuoso de nopal (Tabla 4). Las dosis 80 y 120 mL L⁻¹ aumentaron en más del doble la concentración de hierro. En tanto, que la aplicación de 80 mL L⁻¹



incrementó significativamente en 41.42 % la concentración de zinc, respecto al testigo.

Tabla 3. Concentración de macronutrientes en hojas de plantas de lechuga, tratadas con extracto de nopal vía foliar.

Table 3. Macronutrients concentration in lettuce leaves, foliarly treated with nopal extract.

EANO (mL L ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹ biomasa seca				
0	33.1 ± 1.8 a	2.3 ± 0.3 b	23.3 ± 0.3 a	6.2 ± 0.2 a	2.6 ± 0.2 a
80	33.5 ± 2.3 a	2.7 ± 0.1 b	20.5 ± 1.7 ab	7.2 ± 0.1 a	3.3 ± 0.1 a
120	30.6 ± 3.2 a	2.8 ± 0.4 b	17.8 ± 1.4 b	6.2 ± 0.4 a	2.7 ± 0.2 a
160	37.5 ± 4.0 a	3.7 ± 0.4 a	18.1 ± 0.1 ab	7.0 ± 0.4 a	2.1 ± 0.2 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EANO: extracto acuoso de nopal.

Tabla 4. Concentración de micronutrientes en hojas de plantas de lechuga, tratadas con extracto de nopal vía foliar.

Table 4. Micronutrients concentration in lettuce leaves, foliarly treated with nopal extract.

EANO (mL L ⁻¹)	Fe	Cu	Mn	B	Zn
	mg kg ⁻¹ biomasa seca				
0	508.5 ± 20.4 b	5.34 ± 0.4 a	87.3 ± 2.3 a	38.8 ± 0.1 a	16.9 ± 1.0 b
80	1174.7 ± 103.1 a	7.67 ± 1.4 a	87.7 ± 2.0 a	45.0 ± 1.8 a	23.9 ± 0.9 a
120	749.6 ± 40.1 ab	6.00 ± 0.2 a	84.1 ± 1.4 a	39.8 ± 1.7 a	18.6 ± 1.2 b
160	1294.6 ± 217.6 a	8.67 ± 2.6 a	81.3 ± 9.5 a	37.7 ± 1.5 a	19.6 ± 1.3 ab

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EANO: extracto acuoso de nopal.

Extracto de cilantro en el crecimiento y concentración nutrimental de plantas de lechuga

La aspersión de extracto acuoso de cilantro no tuvo influencia en la altura de planta (Tabla 5), ni en el número de hojas por planta (Tabla 6), en ninguno de los días de evaluación.

La concentración de nitrógeno se redujo con la aplicación de 80 mL L⁻¹ del extracto acuoso de cilantro en 25.55 %; por el contrario, con la adición de 160 mL L⁻¹ incrementó la concentración de este elemento en 28.74 %, en relación con el tratamiento testigo. La concentración de fósforo aumentó en más del 100 % en todas las dosis de extracto evaluadas. Por otro lado, la concentración de potasio disminuyó en 49.07 % a la aplicación de 120 mL de extracto acuoso de cilantro L⁻¹. La aplicación de 80 y 120 mL L⁻¹ aumentó en 47.35 y 46.22 % la concentración de magnesio (Tabla 7). Así también, la concentración de micronutrientes se modificó después del tratamiento con extracto de cilantro (Tabla 8). La dosis 80 mL L⁻¹ incrementó en más del doble la concentración de hierro, y en 34.67 % la concentración de manganeso. En tanto que, la concentración foliar de cobre incrementó significativamente después de la adición de 120 mL L⁻¹, y las dosis 120 y 160 mL L⁻¹ incrementaron significativamente la concentración de boro y zinc.

Tabla 5. Altura de plantas de lechuga tratadas vía foliar con extracto de cilantro.

Table 5. Height of lettuce plants, foliarly treated with coriander extract.

EAC (mL L ⁻¹)	Altura de planta (cm)				
	7 ddit	14 ddit	21 ddit	28 ddit	35 ddit
0	3.2 ± 0.3 a	3.1 ± 0.3 a	5.8 ± 0.3 a	7.3 ± 0.6 a	13.2 ± 0.8 a
80	3.2 ± 0.3 a	4.4 ± 0.4 a	6.3 ± 0.4 a	7.9 ± 0.6 a	13.2 ± 0.9 a
120	3.7 ± 0.3 a	4.6 ± 0.3 a	6.1 ± 0.5 a	7.6 ± 0.5 a	13.4 ± 0.8 a
160	3.2 ± 0.3 a	4.2 ± 0.3 a	6.1 ± 0.4 a	7.7 ± 0.6 a	12.1 ± 0.7 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EAC: extracto acuoso de cilantro; ddit: días después del inicio de tratamientos.

Tabla 6. Número de hojas por planta en lechuga tratada con extracto de cilantro vía foliar.

Table 6. Number of leaves per plant in lettuce, foliarly treated with coriander extract.

EAC (mL L ⁻¹)	Número de hojas				
	7 ddit	14 ddit	21 ddit	28 ddit	35 ddit
0	4.1 ± 0.3 a	5.3 ± 0.4 a	6.5 ± 0.5 a	6.9 ± 0.9 a	7.2 ± 0.6 a
80	4.5 ± 0.4 a	5.0 ± 0.5 a	6.2 ± 0.5 a	7.3 ± 0.5 a	7.2 ± 0.7 a
120	4.3 ± 0.3 a	5.5 ± 0.6 a	6.3 ± 0.6 a	7.1 ± 0.6 a	7.4 ± 0.4 a
160	4.1 ± 0.3 a	5.0 ± 0.2 a	6.5 ± 0.4 a	7.5 ± 0.5 a	7.4 ± 0.7 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EAC: extracto acuoso de cilantro; ddit: días después del inicio de tratamientos.

Tabla 7. Concentración de macronutrientes en hojas de plantas de lechuga, tratadas con extracto de cilantro vía foliar.

Table 7. Macronutrients concentration in lettuce leaves, foliarly treated with coriander extract.

EAC (mL L ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹ biomasa seca				
0	33.9 ± 1.8 b	2.3 ± 0.3 b	23.3 ± 0.3 a	6.2 ± 0.2 a	2.6 ± 0.1 c
80	25.2 ± 0.2 c	4.1 ± 0.6 a	25.1 ± 0.2 a	6.5 ± 0.3 a	3.9 ± 0.1 a
120	33.5 ± 1.1 b	6.7 ± 0.3 a	11.9 ± 0.5 b	5.9 ± 0.2 a	3.9 ± 0.2 ab
160	43.6 ± 0.4 a	5.4 ± 0.6 a	24.2 ± 0.7 a	5.1 ± 0.3 a	2.9 ± 0.1 bc

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EAC: extracto acuoso de hojas de cilantro.

Tabla 8. Concentración de micronutrientes en hojas de plantas de lechuga, tratadas con extracto de cilantro vía foliar.

Table 8. Micronutrients concentration in lettuce leaves, foliarly treated with coriander extract.

EAC (mL L ⁻¹)	Fe	Cu	Mn	B	Zn
	mg kg ⁻¹ biomasa seca				
0	508.5 ± 20.4 b	5.3 ± 0.4 b	87.4 ± 2.4 b	38.8 ± 0.1 b	16.9 ± 1.1 b
80	1196.6 ± 14.3 a	6.1 ± 0.4 ab	117.7 ± 0.4 a	34.1 ± 0.8 b	17.9 ± 0.2 b
120	749.9 ± 34.4 b	8.7 ± 0.4 a	91.3 ± 0.5 b	56.1 ± 1.2 a	29.1 ± 0.6 a
160	714.1 ± 3.5 b	6.7 ± 0.1 b	77.9 ± 2.5 b	51.3 ± 0.2 a	25.5 ± 0.6 a

Medias ± DE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$). EAC: extracto acuoso de hojas de cilantro.

DISCUSIÓN

Los bioestimulantes a base de extractos vegetales, son una alternativa en la producción vegetal (Zulfiqar *et al.*, 2020). Su aplicación a plantas, mejora la división celular, el crecimiento, la absorción y eficiencia en el uso de nutrimentos (Ashraf *et al.*, 2016; Posmyk, 2016).

La aspersión de los extractos acuosos de hojas de cilantro y cladodios de nopal a plantas de lechuga, no modificaron la altura de planta, ni el número de hojas. En contraparte, se ha reportado que otros extractos vegetales, como el extracto de hojas de moringa, incrementa el crecimiento vegetal, al aumentar la división celular, relacionado con las altas concentraciones de zeatina presentes en el extracto (Abd El-Hamied y El-Amary, 2015).

Los extractos vegetales evaluados en esta investigación, modificaron la concentración de macro y micronutrimentos en las hojas de lechuga. Lo cual puede deberse a la liberación de los nutrimentos presentes en los extractos, y la absorción por las hojas (Posmyk, 2016). Además de la presencia de flavonoides, compuestos fenólicos, carotenoides, proteínas, saponinas, ácido ascórbico, y fitohormonas (Elzaawely *et al.*, 2018; Nguyen *et al.*, 2020; Hassanein *et al.*, 2021), que pueden influir en el transporte de los nutrimentos esenciales.

El género *Opuntia* se caracteriza por presentar mucílagos en sus cladodios, los cuales forman redes capaces de retener agua (Saag *et al.*, 1975), debido a la presencia de grupos hidroxilo con alta capacidad de unión al agua. Su aplicación a las hojas modifica las relaciones hídricas de la planta, y la transpiración de las hojas (Clarke *et al.*, 1979), por lo que su aplicación pudo influir en la translocación de elementos esenciales.

De forma similar, la aplicación de otros extractos vegetales ha incrementado la concentración de nutrimentos. La aspersión del extracto de hojas de moringa a plantas de mandarina, aumentó la concentración de N, P, K, Ca, Mn y Zn en hojas (Nasir *et al.*, 2016), y la aplicación del el extracto acuoso de ajo, incrementó la concentración de N, P, K, Ca y Mn en plantas de pepino (Xiao *et al.*, 2013).

La concentración de Mg en hojas de lechuga, aumentó después de la aplicación del extracto de cilantro. De forma similar, se ha reportado que el extracto de moringa incrementa la concentración de Mg, debido al incremento en la síntesis de clorofila (Ashraf *et al.*, 2016).

Los dos extractos evaluados en esta investigación, incrementaron la concentración de P y Zn, lo cual puede estar relacionado a las concentraciones de ácido ascórbico presentes en los extractos. Al respecto, se ha informado una correlación positiva entre el ácido ascórbico y la concentración de P y Zn (Nasir *et al.*, 2016).

Diversos extractos vegetales, han mostrado efectos positivos en la reducción de radicales libres, e incrementos en la concentración y actividad de enzimas antioxidantes (Ashraf *et al.*, 2016; Posmyk, 2016). En esta investigación la aplicación del extracto de cilantro incrementó la concentración de Fe, Cu, Mn y Zn, los cuales son cofactores de la enzima superóxido dismutasa (SOD), una de las enzimas antioxidantes de

mayor importancia, en la detoxificación de radicales libres (Culotta *et al.*, 2006).

Los bioestimulantes derivados de plantas, son una alternativa en la producción agrícola, al mejorar el crecimiento, rendimiento, y la eficiencia en el uso de nutrimentos. Además de incrementar concentración de nutrimentos en el tejido vegetal, lo cual es de suma importancia en métodos de biofortificación agronómica (Prasad y Shivay, 2020).

No obstante, es necesario continuar la investigación en esta área, con el fin de analizar los mecanismos fisiológicos y moleculares que permitan explicar las respuestas observadas en esta investigación.

CONCLUSIONES

La aspersión de los extractos acuosos de hojas de cilantro y cladodios de nopal, a plantas de lechuga cv. Parris, no modifican la altura de planta ni el número de hojas, e incrementan la concentración de fósforo. Por otro lado, la aspersión del extracto de cladodios de nopal, aumenta la concentración de hierro y zinc; y el extracto de cilantro aumenta la concentración de N, P, Mg, Fe, Cu, Mn, B y Zn, en hojas de lechuga. El extracto de nopal y cilantro disminuyen la concentración de potasio. La aspersión de extractos acuosos de cilantro y nopal no modifica el crecimiento y altera la concentración de macro y micronutrimentos en hojas de lechuga cv. Parris.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Abd El-Hamied, S.A. y El-Amary, E.I. 2015. Improving growth and productivity of "pear" trees using some natural plants extracts under north sinai conditions. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 8: 1-9.
- Ali, E.F., Hassan, F.A.S. y Elgimabi, M. 2018. Improving the growth, yield and volatile oil content of *Pelargonium graveolens* L. Herit by foliar application with moringa leaf extract through motivating physiological and biochemical parameters. *South African Journal of Botany*. 119: 383-389.
- Ali, M., Cheng, Z.H., Hayat, S., Ahmad, H., Ghani, M.I. y Tao, L.I.U. 2019. Foliar spraying of aqueous garlic bulb extract stimulates growth and antioxidant enzyme activity in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of Integrative Agriculture*. 18: 1001-1013.
- Ashraf, R., Sultana, B., Iqbal, M. y Mushtaq, M. 2016. Variation in biochemical and antioxidant attributes of *Raphanus sativus* in response to foliar application of plant leaf extracts as plant growth regulator. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 14: 1-8.
- Barba, F.J., Garcia, C., Fessard, A., Munekata, P.E.S, Lorenzo, J. M., Aboudia, A., Ouadiad, A. y Remize, F. 2022. *Opuntia ficus indica* edible parts: A food and nutritional security perspective. *Food Reviews International*. 38: 930-952.
- Clarke, A.E., Anderson, R.L. y Stone, B.A. 1979. Form and function of arabinogalactans and arabinogalactan-proteins. *Phytochemistry*. 18: 521-540.
- Culotta, V.C., Yang, M. y O'Halloran, T.V. 2006. Activation of superoxide dismutases: putting the metal to the pedal.



- Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research. 1763: 747-758.
- Culver, M., Fanuel, T. y Chiteka, A.Z. 2012. Effect of moringa extract on growth and yield of tomato. Greener Journal of Agricultural Sciences. 2: 207-211.
- Elzaawely, A.A., Ahmed, M.E., Maswada, H.F., Al-Araby, A.A. y Xuan, T.D. 2018. Growth traits, physiological parameters and hormonal status of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprayed with garlic cloves extract. Archives of Agronomy and Soil Science. 64: 1068-1082.
- Hassanein, R.A., Hussein, O.S., Abdelkader, A.F., Farag, I.A., Hassan, Y.E. y Ibrahim, M. 2021. Metabolic activities and molecular investigations of the ameliorative impact of some growth biostimulators on chilling-stressed coriander (*Coriandrum sativum* L.) plant. BMC Plant Biology. 21: 1-23.
- Hernández-Becerra, E., Aguilera-Barreiro, D.A., Contreras-Padilla, M., Pérez-Torrero, E. y Rodríguez-García, M.E. 2022. Nopal cladodes (*Opuntia Ficus Indica*): Nutritional properties and functional potential. Journal of Functional Foods. 95: 105183.
- López-Martínez, S., Chan-Jiménez, J.E., Hernández-López, E.S. y Rodríguez-Luna, A.R. 2023. Oreganón, perejil, cilantro, hierbabuena y albahaca a través de difracción de rayos x. Biotecnia. 25: 113-124.
- Manzanarez-Tenorio, L.E., Ruiz-Cruz, S., Cira-Chávez, L.A., Estrada-Alvarado, M.I., Márquez-Ríos, E., Del-Toro-Sánchez, C.L. y Suárez-Jiménez, G.M. 2022. Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales de nopal morado (*Opuntia gosseliniana*) en dos etapas de coloración. Biotecnia. 24: 101-106.
- Mkindi, A.G., Tembo, Y.L., Mbega, E.R., Smith, A.K., Farrell, I.W., Ndakidemi, P.A., Stevenson, P.C. y Belmain, S.R. 2020. Extracts of common pesticidal plants increase plant growth and yield in common bean plants. Plants. 9: 149.
- Mohammadipour, N. y Souri, M.K. 2019. Beneficial effects of glycine on growth and leaf nutrient concentrations of coriander (*Coriandrum sativum*) plants. Journal of Plant Nutrition. 42: 1637-1644.
- Mutale-Joan, C., Redouane, B., Najib, E., Yassine, K., Lyamlouli, K., Laila, S., Zeroual, Y. y Hicham, E.A. 2020. Screening of microalgae liquid extracts for their bio stimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of *Solanum lycopersicum* L. Scientific Reports. 10: 1-12.
- Nasir, M., Khan, A.S., Basra, S.A. y Malik, A.U. 2016. Foliar application of moringa leaf extract, potassium and zinc influence yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin. Scientia Horticulturae. 210: 227-235.
- Ndubuaku, U.M., Uchenna, N.V., Baiyeri, K. P. y Ukonze, J. 2015. Anti-nutrient, vitamin and other phytochemical compositions of old and succulent moringa (*Moringa oleifera* Lam) leaves as influenced by poultry manure application. African Journal of Biotechnology. 14: 2502-2509.
- Nguyen, D.T., Kitayama, M., Lu, N. y Takagaki, M. 2020. Improving secondary metabolite accumulation, mineral content, and growth of coriander (*Coriandrum sativum* L.) by regulating light quality in a plant factory. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 95: 356-363.
- Otálora, M.C., Wilches-Torres, A., y Castaño, J.A.G. 2021. Extraction and physicochemical characterization of dried powder mucilage from *Opuntia ficus-indica* Cladodes and *Aloe vera* leaves: a comparative study. Polymers. 13: 1689.
- Prabhu, M., Kumar, A.R. y Rajamani, K. 2010. Influence of different organic substances on growth and herb yield of sacred basil (*Ocimum sanctum* L.). Indian Journal of Agricultural Research. 44: 48-52.
- Prasad, R. y Shivay, Y.S. 2020. Agronomic biofortification of plant foods with minerals, vitamins and metabolites with chemical fertilizers and liming. Journal of Plant Nutrition. 43: 1534-1554.
- Posmyk, M.M. y Szafrńska, K. 2016. Biostimulators: a new trend towards solving an old problem. Frontiers in Plant Science. 7: 748.
- Saag, L.M.K., Sanderson, G.R., Moyna, P. y Ramos, G. 1975. Cactaceae mucilage composition. Journal of the Science of Food and Agriculture. 26: 993-1000.
- Santos, J., Herrero, M., Mendiola, J.A., Oliva-Teles, M.T., Ibáñez, E., Delerue-Matos, C. y Oliveira, M.B.P.P. 2014. Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life. LWT-Food Science and Technology. 59: 101-107.
- SAS, Institute Inc. 2009. SAS User's guide. Release 8.1. (Eds). SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Steiner A.A. 1984. The universal nutrient solution. In: Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. 633-650.
- Tahir, H.E., Xiaobo, Z., Komla, M.G. y Mariod, A.A. 2019. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) as a source of bioactive compounds. En Wild fruits: Composition, nutritional value and products. Mariod A.A (ed.), pp 333-358. Springer Nature Switzerland. Cham, Switzerland.
- Xiao, X., Cheng, Z., Meng, H., Liu, L., Li, H. y Dong, Y. 2013. Intercropping of green garlic (*Allium sativum* L.) induces nutrient concentration changes in the soil and plants in continuously cropped cucumber (*Cucumis sativus* L.) in a plastic tunnel. PLoS One. 8: e62173.
- Zulfiqar, F., Casadesús, A., Brockman, H. y Munné-Bosch, S. 2020. An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. Plant Science. 295: 110194.