

Efecto del potasio en el contenido fenólico y capacidad antioxidante de *Ocimum basilicum* L.*

Effect of potassium on the phenolic content and antioxidant capacity of *Ocimum basilicum* L.

José Dimas López Martínez¹, Lilia Salas-Pérez^{1§}, Ramón Valenzuela Soto¹, Victoria Jared Borroel García¹, Pablo Preciado Rangel² y Ana Rosa Ramírez Seañez³

¹Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera Gómez Palacio-Chihuahua, km 6.5. Ejido el Vergel. Gómez Palacio, Durango, México. CP. 35 120. (pepe_dimaslopez@hotmail.com; lsalas@upgop.edu.mx; ramonvalzs@hotmail.com; vborroel@upgop.edu.mx). ²Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Torreón, Coahuila, México. CP. 27170. (ppreciador@yahoo.com.mx). ³Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Ferrocarril s/n, San Antonio. Loma Bonita, Oaxaca, México. CP. 68 400. (ana_ramirez04@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: lsalas@upgop.edu.mx.

Resumen

En la última década, se han realizado numerosos esfuerzos para incrementar el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de plantas que vayan directo al consumo humano, empleando para esto diversos métodos de cultivo; sin embargo, los resultados han sido discrepantes acerca de la calidad de los frutos y el rendimiento obtenido, concluyendo que el alto contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante no ha sido garantía de alto rendimiento de los cultivos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar un posible aumento del contenido en compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante total y rendimiento de tres genotipos de albahaca (Sweet Lemon, Red Rubin y Cinnamon) producidos bajo diferentes niveles de potasio (7, 9, 11 y 13 mM). Adicionalmente, se evaluó materia seca, altura de planta y número de hojas. El trabajo se llevó a cabo en la Comarca Lagunera de Durango en el año 2014. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p \leq 0.001$) por efecto de genotipo y nivel de potasio en casi todas las variables. Se encontró interacción en compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante, rendimiento y altura de la planta. También se encontró correlación (R^2) ($p \leq 0.05$) entre el nivel de potasio y todas

Abstract

In the last decade, numerous efforts have been made to increase the content of phenolic compounds and the antioxidant capacity of plants that go directly to human consumption, using for this several methods of cultivation; however, the results have been discrepant about the quality of the fruits and the yield obtained, concluding that the high content of phenolic compounds and the antioxidant capacity has not been a guarantee of high crop yields. Therefore, the objective of this study was to determine a possible increase in total phenolic compounds, total antioxidant capacity and yield of three basil genotypes (Sweet Lemon, Red Rubin and Cinnamon) produced under different levels of potassium (7, 9, 11 and 13 mM). In addition, dry matter, plant height and number of leaves were evaluated. The work was carried out in the Comarca Lagunera of Durango in the year 2014. The analysis of variance showed significant differences ($p \leq 0.001$) due to genotype and potassium levels in almost all variables. It was found interaction in total phenolic compounds, antioxidant capacity, yield and height of the plant. The correlation (R^2) ($p \leq 0.05$) was also found between the potassium level and all variables. The results indicate that

* Recibido: diciembre de 2016
Aceptado: febrero de 2017

las variables. Los resultados indican que el control de potasio en la solución de nutrientes puede ser una opción viable para mejorar las cualidades nutraceuticas en cuanto al contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante sin afectar el rendimiento de albahaca.

Palabras clave: *Ocimum basilicum* L., antioxidantes, concentración de potasio, rendimiento.

Introducción

En los últimos años se han realizado muchos esfuerzos para incrementar el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de plantas que vayan directo al consumo humano, empleando diversos métodos de cultivo tales como la aplicación de fertilización orgánica y convencional; en campo abierto y en invernadero (Kokaly and Skidmore, 2015). Sin embargo, los resultados han sido discrepantes acerca de la calidad de la planta y el rendimiento obtenido, concluyendo que el alto contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante no es garantía de alto rendimiento de los cultivos (Salama *et al.*, 2013). Esta circunstancia debe ser considerada en vista de la creciente población a nivel mundial, los altos costos de la producción de cultivos, y las cuestiones relacionadas con la contaminación ambiental, por lo cual se genera la necesidad de mejorar y seleccionar sistemas de producción más eficientes para mantener la producción de alimentos (Henderson *et al.*, 2016).

Además de los impactos ambientales causados por los sistemas de producción agrícola, los efectos en la salud humana debido a nuevos hábitos de alimentación caracterizados por trastornos de la nutrición y el estrés, han aumentado el número de enfermedades crónicas como la obesidad, la diabetes, el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y trastornos neurológicos entre otros (Lee y Scagel, 2009). Por lo tanto, es necesario unirse en un esfuerzo global en materia de alimentación, salud y medio ambiente, con el fin de producir alimentos seguros, que promueven la salud y reducen el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (Tilman y Clark, 2014). En este sentido, es importante proponer protocolos basados en sistemas biológicos controlando la aplicación de los nutrientes en soluciones nutritivas adecuadas para mejorar la calidad nutritiva y nutraceutica de las plantas (Kocira *et al.*, 2016).

potassium control in the nutrient solution may be a viable option to improve nutraceutical qualities in terms of total phenolic compounds content and antioxidant capacity without affecting basil yield.

Keywords: *Ocimum basilicum* L., antioxidants, potassium concentration, yield.

Introduction

In recent years, many efforts have been made to increase the content of phenolic compounds and the antioxidant capacity of plants that go directly to human consumption, using different methods of cultivation such as the application of organic and conventional fertilization; in open fields and in greenhouses (Kokaly and Skidmore, 2015). However, the results have been discrepant about the quality of the plant and the yield obtained, concluding that the high content of phenolic compounds and antioxidant capacity is not a guarantee of high crop yields (Salama *et al.*, 2013). This circumstance should be considered in view of the growing global population, high costs of crop production, and issues related to environmental pollution, which creates the need to improve and select more efficient production systems for maintaining food production (Henderson *et al.*, 2016).

In addition to the environmental impacts caused by agricultural production systems, the effects on human health due to new eating habits characterized by nutrient and stress disorders have increased the number of chronic diseases such as obesity, diabetes, cancer, cardiovascular diseases and neurological disorders among others (Lee and Scagel, 2009). Therefore, it is necessary to unite in a global effort on food, health and the environment, in order to produce safe foods that promote health and reduce the risk of developing chronic diseases (Tilman and Clark, 2014). In this sense, it is important to propose protocols based on biological systems controlling the application of nutrients in adequate nutritive solutions to improve the nutritional and nutraceutical quality of plants (Kocira *et al.*, 2016).

In this context, in addition to obtaining quality harvests in the phenolic content and antioxidant capacity, it is important to obtain acceptable yields to avoid economic losses, so that the production of medicinal plants and the control of nutrients in the nutrient solution could be an alternative to the issues raised. In particular, potassium (K) is one of the

En este contexto, además de la obtención de cosechas de calidad en el contenido fenólico y capacidad antioxidante, es importante, obtener rendimientos aceptables para evitar pérdidas económicas, por lo que la producción de plantas medicinales y el control de los nutrientes en la solución nutritiva podría ser una alternativa a las cuestiones planteadas. En particular, el potasio (K) es uno de los nutrientes minerales requeridos en mayores cantidades por las plantas y tiene implicaciones fisiológicas en el mantenimiento celular y la apertura de los estomas (Nguyen *et al.*, 2010). Además, el K promueve la rápida acumulación y translocación de carbohidratos y activa los procesos que son necesarios para la conservación del estado del agua de la planta y la presión de turgencia de las células (Pottosin *et al.*, 2005). Este elemento es esencial para muchos procesos fisiológicos, tales como la fotosíntesis, la osmorregulación, la turgencia celular y la homeostasis en la célula vegetal (Mohd Zain e Ismail, 2016).

Algunos estudios señalan que el K, además de promover la síntesis de amidas y proteínas, es también un activador enzimático (Inthichack *et al.*, 2012). Su función como activador enzimático se ha relacionado con la producción de fitonutrientes y por lo tanto, tiene implicaciones en la síntesis bioquímica de los productos del metabolismo secundario de las plantas (Mohd Zain e Ismail, 2016; Inthichack *et al.*, 2012). Algunos autores señalan que el K favorece el aumento de los compuestos fenólicos (Ibrahim *et al.*, 2012), los cuales son un gran y heterogéneo grupo de metabolitos secundarios, que se distribuyen en todo el reino vegetal (Abbasi *et al.*, 2015). Los compuestos fenólicos se encuentran entre los fitoquímicos más deseables debido a su actividad antimicrobiana y antiviral; así como sus propiedades anti-inflamatorias y antioxidantes (Olennikov *et al.*, 2011).

Por otra parte, una de las plantas reportadas ampliamente por su contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante es la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), la cual es una especie ornamental, culinaria y medicinal perteneciente a la familia Lamiaceae, cultivada en todo el mundo y producida bajo una gran variedad condiciones de crecimiento (Kwee and Niemeyer, 2011).

De manera natural, la albahaca es una planta con una gran variedad de aplicaciones alimentarias y medicinales (Flanigan y Niemeyer, 2014; Koca y Karaman, 2015); sin embargo, existe poca información de que esta especie

mineral nutrients required in larger quantities by plants and has physiological implications in cell maintenance and stomatal opening (Nguyen *et al.*, 2010). In addition, K promotes the rapid accumulation and translocation of carbohydrates and activates the processes that are necessary for the conservation of the water state of the plant and the turgidity pressure of the cells (Pottosin *et al.*, 2005). This element is essential for many physiological processes, such as photosynthesis, osmoregulation, cell turgor and homeostasis in the plant cell (Mohd Zain and Ismail, 2016).

Some studies indicate that K, besides promoting the synthesis of amides and proteins, is also an enzymatic activator (Inthichack *et al.*, 2012). Its role as an enzyme activator has been linked to the production of phytonutrients and therefore has implications for the biochemical synthesis of secondary metabolism products of plants (Mohd Zain and Ismail, 2016; Inthichack *et al.*, 2012). Some authors point out that K favors the increase of phenolic compounds (Ibrahim *et al.*, 2012), which are a large and heterogeneous group of secondary metabolites, which are distributed throughout the plant kingdom (Abbasi *et al.*, 2015). The phenolic compounds are among the most desirable phytochemicals due to their antimicrobial and antiviral activity; as well as its anti-inflammatory and antioxidant properties (Olennikov *et al.*, 2011).

On the other hand, one of the plants widely reported for its content of phenolic compounds and antioxidant capacity is basil (*Ocimum basilicum* L.), which is an ornamental, culinary and medicinal species belonging to the family Lamiaceae, cultivated worldwide and produced under a wide variety of growth conditions (Kwee and Niemeyer, 2011).

Basically, basil is a plant with a wide variety of food and medicinal applications (Flanigan and Niemeyer, 2014; Koca and Karaman, 2015); however, there is little information that this species can increase its phenolic content and antioxidant capacity without affecting its performance. Therefore, the objective of this study was to determine a possible increase in the content of phenolic compounds, antioxidant capacity and yield, in addition to other agronomic parameters such as dry matter, plant height and leaf number in three basil genotypes (Sweet Lemon, Red Rubin and Cinnamon) by applying different concentrations of potassium.

pueda incrementar su contenido fenólico y capacidad antioxidante sin que se vea afectado su rendimiento. Por lo tanto, el objetivo fue determinar un posible aumento del contenido en compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y rendimiento, además de otros parámetros agronómicos como materia seca, altura de la planta y el número de hojas en tres genotipos de albahaca (Sweet Lemon, Red Rubin y Cinnamon) aplicando diferentes concentraciones de potasio.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en la Comarca Lagunera, ubicada entre los estados de Coahuila y Durango, México, durante la primavera de 2014 en la Localidad “El Quemado”, que pertenece al municipio de Gómez Palacio, Durango, México. El experimento se realizó en un invernadero con regulación de temperatura semiautomática, con valores entre 25-30 °C y 70-80% para temperatura y humedad, respectivamente.

Se seleccionaron tres genotipos de albahaca (*Ocimum basilicum* L.): Sweet Lemon, Red Rubin y Cinnamon por representar una amplia gama de características morfológicas y genéticas (Lee y Scagel, 2009). Las semillas de albahaca se obtuvieron como una donación de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). La siembra se realizó en bandejas de germinación de poliestireno de 250 cavidades (tres semillas por cavidad) llenos de perlita (Environment®). Las bandejas se regaron dos veces al día con agua del grifo 21 días después de la siembra, las plántulas mostraron 3 a 4 hojas verdaderas y una altura de 0.1 a 0.15 m, por lo tanto, las plántulas se transfirieron a macetas de plástico negro (un galón de capacidad) que contenían una mezcla de arena: perlita (80:20).

La preparación de la solución de nutrientes se realizó utilizando el método universal de Steiner, que indica un equilibrio entre aniones y cationes (Steiner, 1961) (Cuadro 1).

Materials and methods

The work was carried out in the Comarca Lagunera, located between the states of Coahuila and Durango, Mexico, during the spring of 2014 in the Locality “El Quemado”, which belongs to the municipality of Gomez Palacio, Durango, Mexico. The experiment was carried out in a greenhouse with semi-automatic temperature regulation, with values between 25-30 °C and 70-80% for temperature and humidity, respectively.

Three genotypes of basil (*Ocimum basilicum* L.) were selected: Sweet Lemon, Red Rubin and Cinnamon because they represented a wide range of morphological and genetic characteristics (Lee and Scagel, 2009). The basil seeds were obtained as a donation from the Universidad Juárez of the State of Durango (UJED). The seeding was carried out in 250-well polystyrene germination trays (three seeds per well) filled with perlite (Environment®). The trays were watered twice a day with tap water 21 days after sowing, the seedlings showed 3 to 4 true leaves and a height of 0.1 to 0.15 m, therefore, the seedlings were transferred to black plastic pots (one gallon capacity) containing a mixture of sand: perlite (80:20).

The preparation of the nutrient solution was performed using Steiner’s universal method, which indicates a balance between anions and cations (Steiner, 1961) (Table 1).

On the other hand, Table 2 shows the calculations made for the application of K (7, 9, 11 and 13 mM). The KOH was used as the source of potassium and the requirements of the anions and cations were calculated from the equivalent weight of the fertilizer (Favela *et al.*, 2006). Once the seedlings were transferred and the nutrient solutions were prepared, the pots were placed in a completely randomized 3*4 factorial block design with six replicates per treatment (n= 72 plants).

Cuadro 1. Formulación de la solución nutritiva universal Steiner.

Table 1. Formulation of Steiner universal nutrient solution.

Iones	Aniones (mM)					Cationes (mM)					pH	CE (mS cm ⁻¹)
	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	HCO ₃	Cl	NH ₄	K	Ca	Mg	Na		
Solución Steiner	12	1	7	-	-	-	7	9	4	-		
Agua	0.3		3.25	7.45	3.2		0.01	9.75	0.75	4.27	7.11	1.44
Aporte	11.7	1	3.75				6.99	-0.75	3.25			

Por otro lado, en el Cuadro 2 se muestran los cálculos realizados para la aplicación de K (7, 9, 11 y 13 mM). Se utilizó KOH como fuente de potasio y las necesidades de los aniones y cationes se calcularon a partir del peso equivalente del fertilizante (Favela *et al.*, 2006). Una vez que las plántulas se transfirieron y que las soluciones nutritivas fueron preparadas, las macetas fueron colocadas en un diseño factorial 3*4 de bloques completamente al azar con seis repeticiones por tratamiento (n= 72 plantas).

The nutrient application started the day of transplantation and was repeated twice a day (9:00 am and 6:00 pm). The harvest was performed 40 days after the transplant. The harvested plants were transferred to the Laboratory of Biochemistry of the Polytechnic University of Gomez Palacio for its preparation. The fresh basil was washed with 3% sodium hypochlorite solution and placed on brown paper for drying at room temperature (25 ± 2 °C) for 15 days.

Cuadro 2. Cálculos realizados para la aplicación de 7, 9, 11 y 13 mM de K en *Ocimum basilicum* L.
Table 2. Calculations made for the application of 7, 9, 11 and 13 mM of K in *Ocimum basilicum* L.

Fertilizante	mM	Eq L ⁻¹	PE	g= Eq L ⁻¹ (PE)	Mg L ⁻¹
MgSO ₄	3.25	0.00325	120.36	0.3911	391.17
H ₃ PO ₄	1	0.001	32.67	0.0326	32.67
UREA	11.7	0.0117	15.0138	0.1756	175.66
KOH (7)	6.99	0.00699	56.1056	0.3921	392.17
KOH (9)	8.99	0.00899	56.1056	0.5043	504.38
KOH (11)	10.99	0.01099	56.1056	0.6166	616.6
KOH (13)	12.99	0.01299	56.1056	0.7288	728.81

La aplicación de nutrientes se inició el día del trasplante y fue repetida dos veces al día (9:00 am y 6:00 pm). La cosecha se realizó 40 días después del trasplante. Las plantas cosechadas fueron trasladadas al Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio para su preparación. La albahaca fresca se lavó con solución de hipoclorito sódico al 3% y se colocó en papel marrón para su secado a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) durante 15 días.

Las muestras secas se molieron en una licuadora (Hamilton Beach) y se almacenaron a 5 °C para la posterior obtención de extractos. Se realizó una extracción sólido-líquido mediante la adición de 20 g de muestra en 100 ml de etanol. Se utilizó un agitador “Stuart” para mantener la mezcla bajo agitación durante 24 h a 30 °C. Después de 24 h, la muestra fue llevada a secado a vacío y el etanol fue evaporado con rotavapor (Buchi, Modelo-210) y un baño de agua a 35-40 °C. Los extractos obtenidos se almacenaron en refrigeración hasta su análisis respectivo.

El contenido fenólico total se midió usando una modificación del método de Folin-Ciocalteu (Esparza *et al.*, 2006). 30 µl de extracto se mezclaron con 270 µl de agua destilada en un tubo de ensayo. En seguida 1.5 ml de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St Louis MO, EE.UU.) diluido (1:15) se

The dried samples were ground in a blender (Hamilton Beach) and stored at 5 °C for subsequent extraction. A solid-liquid extraction was performed by the addition of 20 g of sample in 100 ml of ethanol. A “Stuart” stirrer was used to keep the mixture under stirring for 24 h at 30 °C. After 24 h, the sample was dried under vacuum and the ethanol was rotary evaporated (Buchi, Model-210) and a water bath at 35-40 °C. The obtained extracts were stored in refrigeration until their respective analysis.

The total phenolic content was measured using a modification of the Folin-Ciocalteu method (Esparza *et al.*, 2006). 30 µl of extract was mixed with 270 µl of distilled water in a test tube. Then 1.5 ml of Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, St Louis MO, EE.UU.) diluted (1:15) was added to the mixture, with vortexing for 10 s. After 5 min 1.2 ml of sodium carbonate (7.5% w/v) was added and stirred for 10 s. The solution was placed in a water bath at 45 °C for 15 min, and then allowed to cool to room temperature. The absorbance of the solution was read at 765 nm on a UV Genesys 10 spectrophotometer. The phenolic content was calculated by a calibration curve using gallic acid as standard and the results were recorded in mg gallic acid equivalent per 100 grams extract (mg AGE/100 g extract).

añadió a la mezcla, con agitación vortex durante 10 s. Después de 5 min se añadió 1.2 ml de carbonato de sodio (7.5% w/v) y se agitó durante 10 s. La solución se colocó en baño de agua a 45 °C durante 15 min, y después se dejó enfriar a temperatura ambiente. La absorbancia de la solución se leyó a 765 nm en un espectrofotómetro UV Genesys 10. Se calculó el contenido fenólico mediante una curva de calibración utilizando ácido gálico como estándar, y los resultados se registraron en mg de equivalente de ácido gálico por 100 gramos de extracto (mg AGE/100 g de extracto).

La determinación de la capacidad antioxidante total de las diferentes muestras se llevó a cabo basándose en el método Brand-Williams *et al.* (1995) con ligeras modificaciones. La solución de radical libre 1.1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) (Aldrich, St. Louis MO, EE.UU.) se preparó en un matraz completamente cubierto con papel de aluminio con DPPH⁺ (5 mg/100 ml de etanol grado analítico). La mezcla se agitó vigorosamente y el matraz se mantuvo cubierto para evitar la degradación rápida. 300 µl muestra del extracto diluido en tubos de ensayo por triplicado y 1 200 µl de agua destilada se agitó a 3 000 rpm durante 10 s. Se agregó 1 ml de DPPH⁺ y agitó con vórtex de nuevo a 3000 rpm durante 10 s. Las lecturas se realizaron a 517 nm después de 90 min. La capacidad antioxidante total se calculó utilizando una curva estándar con el antioxidante de referencia Trolox y los resultados se expresaron en µM Trolox por 100 gramos de extracto (µM Trolox/100 g extracto).

Después de la cosecha, la altura de la planta se midió desde la parte basal hasta la parte apical con una cinta métrica retráctil de 5 m de longitud (Moncayo *et al.*, 2015). Posteriormente, las plantas se cortaron de la base para la medición del rendimiento. Los rendimientos se obtuvieron ponderando la planta en una báscula granataria (OHAUS) y reportados como kg por planta en base peso fresco (kg planta/PF). Para determinar el número de hojas, éstas se separaron de los tallos y cuantificadas. La materia seca (MS) se cuantificó de acuerdo con el método establecido por la AOAC (2005), colocando 12 g de la muestra fresca en cajas de aluminio en un horno de aire forzado a 70 °C hasta peso constante. Todos los análisis y las mediciones se realizaron por triplicado.

Los datos de las variables para factores e interacciones se analizaron mediante un análisis de varianza utilizando el software estadístico SAS (1999). Además, se obtuvo una correlación y regresión de los datos obtenidos. Para las comparaciones de los medios se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

The determination of the total antioxidant capacity of the different samples was carried out based on the method Brand-Williams *et al.* (1995) with slight modifications. The free radical solution 1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Aldrich, St. Louis MO, USA) was prepared in a flask completely covered with DPPH⁺ foil (5 mg/100 ml ethanol grade analytical). The mixture was shaken vigorously and the flask kept covered to prevent rapid degradation. 300 µl sample of the extract diluted in triplicate test tubes and 1 200 µl of distilled water was shaken at 3000 rpm for 10 s. 1 ml of DPPH⁺ was added and vortexed again at 3000 rpm for 10 s. The readings were performed at 517 nm after 90 min. The total antioxidant capacity was calculated using a standard curve with the reference antioxidant Trolox and the results were expressed in µM Trolox per 100 grams extract (µM Trolox/100 g extract).

After harvesting, plant height was measured from the basal to the apical part with a retractable tape measuring 5 m in length (Moncayo *et al.*, 2015). Subsequently, the plants were cut from the base for performance measurement. The yield values were obtained by weighting the plant on a granataria scale (OHAUS) and reported as kilograms per plant on a fresh weight basis (kg planta/PF). To determine the number of leaves, they were separated from the stems and quantified. The dry matter (MS) was quantified according to the method established by the AOAC (2005), placing 12 g of the fresh sample in aluminum boxes in a forced air oven at 70 °C to constant weight. All analyzes and measurements were performed in triplicate.

The data of the variables for factors and interactions were analyzed by an analysis of variance using the statistical software SAS (1999). In addition, a correlation and regression of the obtained data was obtained. The Tukey's test was used for the media comparisons ($p < 0.05$).

Results and discussion

The interest in the determination of phenolic compounds in basil in this study was to elucidate the mechanisms of biosynthesis as a result of the change in potassium (K) concentration. The results of this study showed highly significant differences ($p \leq 0.001$) for total phenolic compounds (CFT). These were affected by genotype (G) and potassium level (NK) (Figure 1). As can be seen in Figure 1a Sweet Lemon cultivar showed the highest phenolic content

Resultados y discusión

El interés por la determinación de los compuestos fenólicos en albahaca en este estudio fue dilucidar los mecanismos de biosíntesis como resultado del cambio en la concentración de potasio (K). Los resultados de este estudio mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) para los compuestos fenólicos totales (CFT). Estos se vieron afectados por genotipo (G) y nivel de potasio (NK) (Figura 1). Como se puede ver en la Figura 1a Sweet Lemon cultivar mostró el contenido fenólico más alto (1 353 mg AGE/100 g de extracto) seguido de los cultivares Cinnamon y Red Rubin (1 251 y 1 230 mg AGE/100 g de extracto, respectivamente). Javanmardi *et al.* (2003) estudiaron los compuestos fenólicos totales en 23 cultivares diferentes de albahaca y reportaron valores de 22.9 a 65.5 mg AGE/g de peso seco (PS).

Por otra parte, Kwee y Niemeyer (2012) en un estudio de 15 cultivares de albahaca indicó rangos de 3.47 a 17.58 mg AGE/g PS. Por otro lado, Flanigan y Niemeyer (2014) en 10 cultivares encontraron valores de 13.1 a 26.9 mg AGE/g PS. Los autores mencionados indicaron que el contenido fenólico en las plantas esta determinado no solo por el cultivar, sino también por las condiciones y lugar de cultivo, además la concentración de fenólicos totales e individuales como flavonoides y ácidos fenólicos puede variar por dichos parámetros. De acuerdo con el factor NK, se observó que cuanto mayor es el nivel de potasio mayor el contenido de compuestos fenólicos totales. Así, se obtuvo el mayor contenido de compuestos fenólicos (1 480 mg AGE/100 g de extracto) con 13 mM (Figura 1a).

Estos resultados están de acuerdo con otros datos reportados en la literatura. Por ejemplo, Knuyen *et al.* (2010) evaluaron concentraciones de K en el intervalo de 1 a 5 mM y obtuvieron valores de compuestos fenólicos de 7 a 16 mg AGE/g PS. En otro estudio, Ibrahim *et al.* (2012) reportaron un incremento de 1.22 a 1.82 mg AGE/g de extracto mediante la aplicación de 0 a 270 kg de K ha⁻¹ en *Labisia pumila* Benth. Estos resultados son coincidentes con este estudio debido a que confirman una correlación entre la absorción de potasio y el contenido de compuestos fenólicos en la planta (Cuadro 3) observándose una correlación positiva significativa en todos los cultivares ($R^2 = 0.972$) entre NK y CFT. Además, se encontró una interacción entre el genotipo y el nivel de potasio (G*NK) (Figura 2a). La interacción mostrada sugiere un aumento lineal en el contenido fenólico de los tres genotipos en respuesta al aumento del nivel de

(1 353 mg AGE/100 g extract) followed by Cinnamon and Red Rubin cultivars (1 251 and 230 mg AGE/100 g of extract, respectively). Javanmardi *et al.* (2003) studied total phenolic compounds in 23 different basil cultivars and reported values of 22.9 to 65.5 mg AGE/g dry weight (PS).

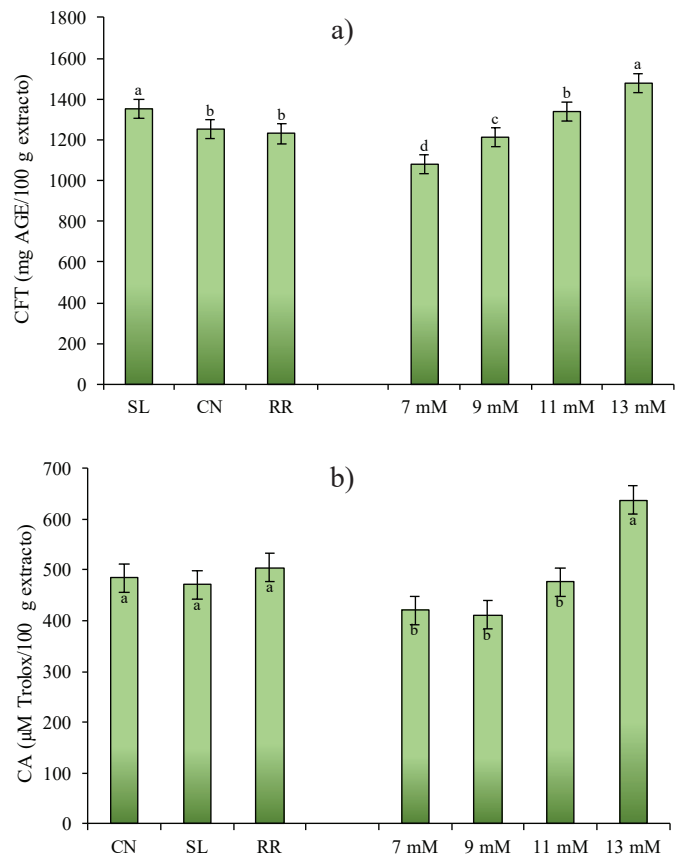


Figura 1. Efecto del cultivar (C) y nivel de K (NK) en el contenido de compuestos fenólicos totales (a); y capacidad antioxidante (b), de *Ocimum basilicum* L. CN= Cinnamon; SL= Sweet Lemon; RR= Red Rubin.

Figure 1. Effect of cultivar (C) and level of K (NK) on the content of total phenolic compounds (a); and antioxidant capacity (b), from *Ocimum basilicum* L. CN= Cinnamon; SL= Sweet Lemon; RR= Red Rubin.

On the other hand, Kwee and Niemeyer (2012) in a study of 15 basil cultivars indicated ranges from 3.47 to 17.58 mg AGE/g PS. On the other hand, Flanigan and Niemeyer (2014) in 10 cultivars found values of 13.1 to 26.9 mg AGE/g PS. The mentioned authors indicated that the phenolic content in plants is determined not only by the cultivar, but also by the conditions and place of cultivation, in addition

potasio. Generalmente, el ion K^+ regula el equilibrio interno con el propósito de absorción y translocación de hidratos de carbono que afectan indirectamente la formación de las estructuras básicas de los fenilpropanoides (Kuum *et al.*, 2015). Sin embargo, no es concluyente que el aumento del contenido de compuestos fenólicos en la planta pueda ser siempre lineal con el incremento de la aplicación de K, por lo tanto, podría ser interesante seguir investigando el rango de aplicación de K, con la posibilidad de encontrar una respuesta cuadrática para relacionar el nivel de K y la producción de compuestos fenólicos totales.

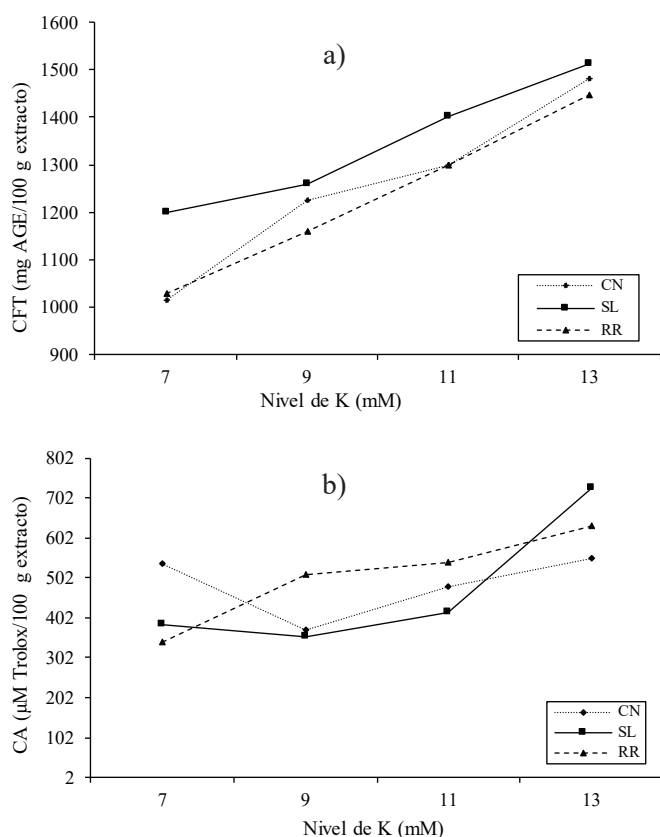


Figura 2. Interacción del cultivar y nivel de K (C*NK) para contenido de compuestos fenólicos totales (a); y capacidad antioxidante (b) de *Ocimum basilicum* L. CN=Cinnamon; SL=Sweet Lemon; RR=Red Rubin.

Figure 2. Interaction of the cultivar and level of K (C*NK) for the content of total phenolic compounds (a); and antioxidant capacity (b) from *Ocimum basilicum* L. CN= Cinnamon; SL= Sweet Lemon; RR= Red Rubin.

Respecto a la capacidad antioxidante (CA) en este estudio no se encontró diferencia significativa entre genotipos, pero si para el nivel de potasio ($p \leq 0.05$) (Figura 1b). La

the concentration of total and individual phenolics like flavonoids and phenolic acids can vary by said parameters. According to the NK factor, it was observed that the higher the potassium level the higher the total phenolic compounds content. Thus, the highest content of phenolic compounds (1 180 mg AGE/100 g extract) was obtained with 13 mM (Figure 1a).

These results are in agreement with other data reported in the literature. For example, Knuyen *et al.* (2010) evaluated concentrations of K in the range of 1 to 5 mM and obtained values of phenolic compounds from 7 to 16 mg AGE/g PS. In another study, Ibrahim *et al.* (2012) reported an increase of 1.22 to 1.82 mg AGE/g extract by applying 0 to 270 kg of K ha⁻¹ in *Labisia pumila* Benth. These results coincide with this study because they confirm a correlation between potassium uptake and phenolic compounds content in the plant (Table 3), with a significant positive correlation in all cultivars ($R^2 = 0.972$) between NK and CFT. In addition, an interaction between genotype and potassium level (G*NK) was found (Figure 2a). The interaction shown suggests a linear increase in the phenolic content of the three genotypes in response to increased potassium level. Generally, the K^+ ion regulates the internal balance for the purpose of absorption and translocation of carbohydrates that indirectly affect the formation of the basic structures of phenylpropanoids (Kuum *et al.*, 2015). However, it is not conclusive that the increase of the phenolic compounds content in the plant can always be linear with the increase of the application of K, therefore, it could be interesting to continue investigating the range of application of K, with the possibility of find a quadratic response to relate the level of K and the production of total phenolic compounds.

Regarding antioxidant capacity (CA) in this study no significant difference was found between genotypes, but for potassium level ($p \leq 0.05$) (Figure 1b). The antioxidant capacity of basil has been reported in numerous studies (Szymanowska *et al.*, 2015), indicating that regardless of genotype, basil is a potential source of bioactive compounds with antioxidant capacity. On the other hand, the results showed that the antioxidant capacity of basil was higher with the increase of the potassium level, demonstrating this with the significant positive correlation obtained ($R^2 = 0.951$) between NK and CA in the three genotypes studied (Table 3).

The interaction G*NK for phenolic compounds was highly significant ($p \leq 0.001$) (Figure 2b), indicating that one or more levels of potassium used affect the genotypes

capacidad antioxidante de albahaca se ha reportado en numerosos estudios (Szymanowska *et al.*, 2015), lo cual indica que independientemente del genotipo, la albahaca es una fuente potencial de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante. Por otra parte, los resultados mostraron que la capacidad antioxidante de la albahaca fue mayor con el aumento del nivel de potasio, demostrándose esto con la correlación positiva significativa obtenida ($R^2=0.951$) entre NK y CA en los tres genotipos estudiados (Cuadro 3).

La interacción G*NK para compuestos fenólicos fue altamente significativa ($p \leq 0,001$) (Figura 2b), lo que indica que uno o más niveles de potasio utilizados afectan a los genotipos en estudio. Red Rubin mostró una respuesta lineal con el aumento de NK, aunque la respuesta fue similar en 9 y 11 mM, y se obtiene una mayor capacidad antioxidante en 13 mM. Mientras tanto Cinnamon presentó esta respuesta lineal en el intervalo de 9 a 13 mM; sin embargo, es de interés observar que el nivel 7 obtuvo un valor similar al nivel 13. Por último, Sweet Lemon tiene capacidad antioxidante similar en el rango de 7 a 11 y aumenta considerablemente en 13 mM.

Por otra parte, se obtuvo una correlación entre los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante ($R^2=0.65$) (Figura 3), lo que podría sugerir que 65% de la capacidad antioxidante obtenida es debido al contenido de compuestos fenólicos.

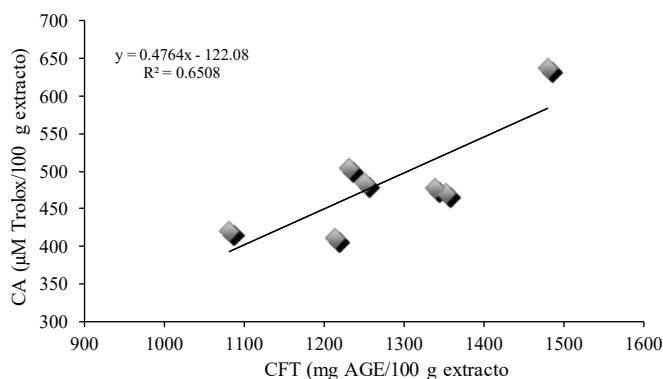


Figura 3. Correlación entre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de *Ocimum basilicum* L.

Figure 3. Correlation between the content of total phenolic compounds and the antioxidant capacity of *Ocimum basilicum* L.

under study. Red Rubin showed a linear response with increasing NK, although the response was similar at 9 and 11 mM, and a higher antioxidant capacity was obtained at 13 mM. Meanwhile Cinnamon presented this linear response in the range of 9 to 13 mM; however, it is of interest to note that level 7 obtained a value similar to level 13. Finally, Sweet Lemon has similar antioxidant capacity in the range of 7 to 11 and increases considerably by 13 mM.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación R^2 entre la concentración de potasio y el contenido de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante y parámetros agronómicos en *Ocimum basilicum* L.

Table 3. Correlation coefficient R^2 between potassium concentration and total phenolic compounds content, antioxidant capacity and agronomic parameters in *Ocimum basilicum* L.

Variables	Cultivares		
	CN	SL	RR
Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante			
NK-CFT	0.97*	0.95*	0.998*
NK-CA	0.884*	0.974*	0.997*
Parámetros agronómicos			
NK-rendimiento	0.171	0.984*	0.783*
NK-MS	0.563*	0.067	0.404
NK-altura	0.618*	0.111	0.033
NK- número de hojas	0.926*	0.874*	0.249

*= significancia a $p \leq 0.05$; CN= Cinnamon; SL= Sweet Lemon; RR= Red Rubin; CFT= compuestos fenólicos totales; CA= capacidad antioxidante; MS= materia seca.

On the other hand, a correlation between total phenolic compounds and antioxidant capacity ($R^2=0.65$) was obtained (Figure 3), suggesting that 65% of the antioxidant capacity obtained is due to the phenolic compounds content.

The performance values showed highly significant differences ($p \leq 0.001$) for G and NK (Figure 4a). The highest yield value was obtained with Cinnamon ($0.938 \text{ kg plant}^{-1}$ PF), followed by Sweet Lemon and Red Rubin (0.9 and $0.87 \text{ kg plant}^{-1}$ PF, respectively). For NK factor, yields were statistically similar with the levels of 9, 11 and 13 mM, the lowest yield was 7 mM.

Los valores de rendimiento mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) para G y NK (Figura 4a). El mayor valor de rendimiento se obtuvo con Cinnamon (0.938 kg planta⁻¹ PF), seguido de Sweet Lemon y Red Rubin (0.9 y 0.87 kg planta⁻¹ PF, respectivamente). Para el factor NK, los rendimientos fueron estadísticamente similares con los niveles de 9, 11 y 13 mM, el rendimiento más bajo fue de 7 mM.

Para la altura de planta, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) debido al genotipo (G), pero no hubo diferencia para el factor potasio (NK) (Figura 4c). Estos resultados podrían indicar que NK no afecta a la altura de la planta, pero esta variable está relacionada con el genotipo (Al-Kateb y Mottram, 2014), siendo un factor a considerar al elegir un cultivar con esta característica. Como se puede ver en la Figura 4c Cinnamon presenta altura mayor (46 cm), al lado de Sweet Lemon (44 cm) y estos son seguidos por Red Rubin (42 cm).

Además, se obtuvo una interacción altamente significativa ($p \leq 0.001$) para la altura de la planta debido a G y NK (G*NK) (Figura 4). La Figura 4c muestra que en Cinnamon la altura de la planta fue mayor en el rango de 9 mM y 11 mM y el más bajo en 7 y 13 mM. Sweet Lemon tienen valores similares en todos los niveles de K; y Red Rubin mostró valores similares en el rango de 9 a 13 mM y más altura en 7 mM. La altura es un parámetro que está influenciado por las características genéticas de la planta; sin embargo, sus propias características genéticas producen diferentes respuestas biológicas que definen un estado particular del organismo en un rango óptimo (Li *et al.*, 2016).

Rubin es una variedad de albahaca ópalo oscuro, siendo un cultivo que tiene hojas de color rojizo-púrpura en color y un sabor más fuerte que la albahaca dulce (Bekhradi *et al.*, 2015). Posiblemente su altura más baja podría relacionarse con una respuesta fisiológica y bioquímica en el metabolismo primario y secundario debido a la movilización y la translocación de los nutrientes en la planta, produciendo una menor altura y dirigir la respuesta a la concentración de pigmentos (Landi *et al.*, 2013). El número de hojas resultó con diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) para G y NK ($p \leq 0.05$) (Figura 4). La Figura 4d muestra que la Cinnamon presentó mayor número de hojas (81.67 hojas por planta) seguido de Red Rubin y Sweet Lemon (75 y 69 hojas por planta, respectivamente).

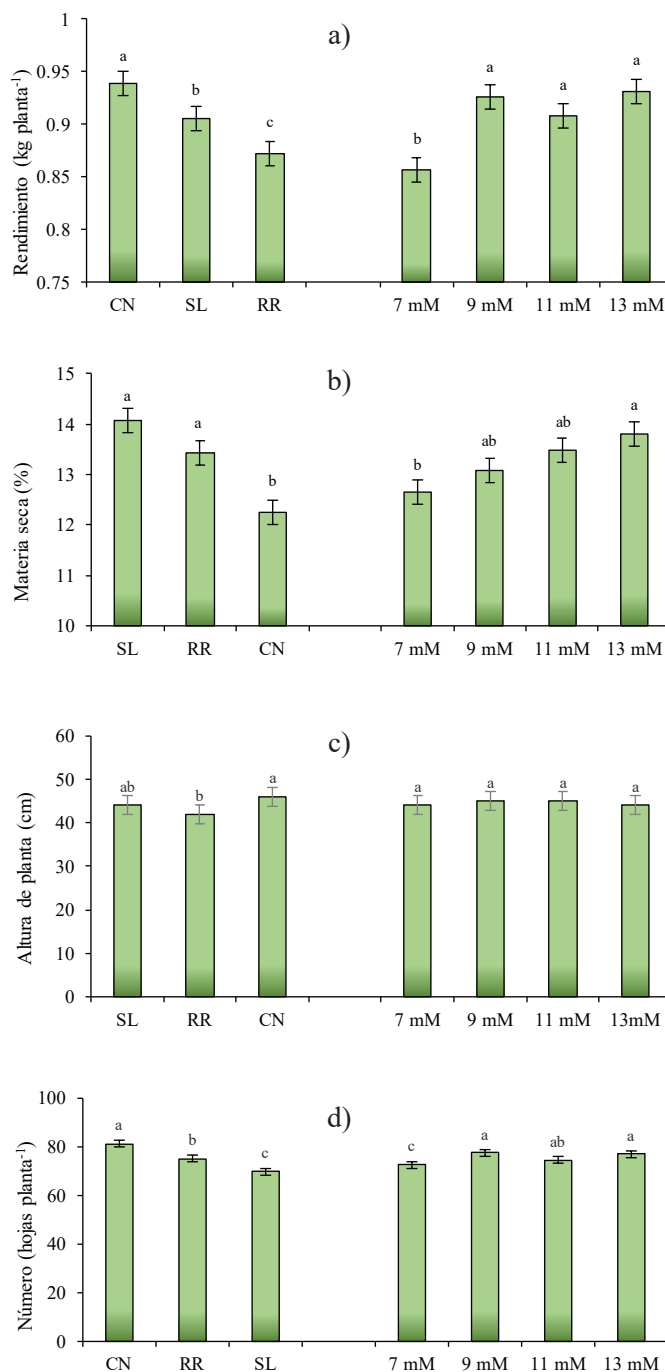


Figura 4. Efecto del cultivar (C) y nivel de K (NK) en rendimiento (a); materia seca (b); altura de planta (c); y número de hojas (d); de *Ocimum basilicum* L. CN=Cinnamon; SL= Sweet Lemon; RR= Red Rubin.
Figure 4. Effect of cultivar (C) and level of K (NK) on yield (a); dry matter (b); plant height (c) and number of leaves (d); from *Ocimum basilicum* L. CN= Cinnamon; SL= Sweet Lemon; RR= Red Rubin.

El número de hojas se encontró dentro de los rangos reportados en otros estudios, como lo indica Moncayo *et al.* (2015) en un estudio con albahaca blanca, donde los valores fueron de 66.5 a 103 hojas por planta.

En este estudio se observó que con 9 mM de K, se obtuvo más hojas por planta (77.73), seguido por el nivel de 13 mM (76.88) y 11 mM (74.33). Finalmente el número inferior de las hojas se obtuvo con 7 mM. Algunos autores sugieren que el desarrollo de la hoja está inicialmente relacionado con la aparición de la hoja primordial en el ápice, que puede depender de las características genéticas de la planta, a continuación depende de factores ambientales y nutricionales (Uzun, 2006). En un estudio en el melón se encontró que existen diferencias en el número de hojas por la concentración de K, indicando que la importancia fisiológica de este nutriente se encuentra en un área mayor de impacto para la fotosíntesis y, por tanto, una mayor producción de esqueletos de carbono, que utilizará o almacenará para más adelante y será transportado a los sitios de la demanda (Preciado *et al.*, 2002).

El efecto del potasio en el número de hojas se puede demostrar mediante la correlación obtenida (Cuadro 2) en Cinnamon y Sweet Lemon donde se podría sugerir que 92 y 87% (respectivamente) del número de hojas en estos cultivares es debido al aumento en la concentración de potasio.

Conclusiones

En este trabajo se realizó una manipulación de la concentración de potasio en la solución de nutrientes para incrementar la producción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de albahaca como una opción para crear valor añadido al cultivo. Se demostró que el contenido de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de la albahaca podría mejorarse mediante la selección de cultivares y aumentando la concentración de potasio durante el crecimiento de la planta. Se obtuvo una correlación lineal significativa entre la concentración de potasio aplicado y el contenido total de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante para los tres genotipos de albahaca investigados. Para el rendimiento se concluye que los resultados muestran que este es afectado por el incremento en la concentración de potasio y que varía por la selección del genotipo.

For plant height, analysis of variance showed highly significant differences ($p \leq 0.001$) due to genotype (G), but there was no difference for potassium (NK) factor (Figure 4c). These results could indicate that NK does not affect the height of the plant, but this variable is related to the genotype (Al-Kateb and Mottram, 2014), being a factor to consider when choosing a cultivar with this characteristic. As can be seen in Figure 4c Cinnamon exhibits greater height (46 cm), next to Sweet Lemon (44 cm) and these are followed by Red Rubin (42 cm).

In addition, a highly significant interaction ($p \leq 0.001$) was obtained for plant height due to G and NK (G*NK) (Figure 4). In the Figure 4c shows that in Cinnamon the height of the plant was higher in the range of 9 mM and 11 mM and the lowest in 7 and 13 mM. Sweet Lemon have similar values at all levels of K; and Red Rubin showed similar values in the range of 9 to 13 mM and higher in 7 mM. The Height is a parameter that is influenced by the genetic characteristics of the plant; however, their own genetic characteristics produce different biological responses that define a particular state of the organism in an optimal range (Li *et al.*, 2016).

Rubin is a variety of dark opal basil, being a crop that has reddish-purple leaves in color and a stronger flavor than sweet basil (Bekhradi *et al.*, 2015). Possibly its lower height could be related to a physiological and biochemical response in the primary and secondary metabolism due to the mobilization and translocation of the nutrients in the plant, producing a lower height and directing the response to pigment concentration (Landi *et al.*, 2013). The number of leaves resulted in highly significant differences ($p \leq 0.001$) for G and NK ($p \leq 0.05$) (Figure 4). The Figure 4d shows that Cinnamon had the highest number of leaves (81.67 leaves per plant) followed by Red Rubin and Sweet Lemon (75 and 69 leaves per plant, respectively). The number of leaves was found within the ranges reported in other studies, as indicated by Moncayo *et al.* (2015) in a study with white basil, where values ranged from 66.5 to 103 leaves per plant.

In this study it was observed that with 9 mM of K, more leaves per plant were obtained (77.73), followed by the level of 13 mM (76.88) and 11 mM (74.33). Finally the lower number of leaves was obtained with 7 mM. Some authors suggest that the development of the leaf is initially related to the appearance of the primordial leaf at the apex, which may depend on the genetic characteristics of the plant, then depends on environmental and nutritional factors (Uzun, 2006). In a study in the melon it was found that there are

Agradecimientos

L. Salas-Pérez agradece el contrato posdoctoral dado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México.

Literatura citada

- AAbbasi, A. M.; Guo, X.; Fu, X.; Zhou, L.; Chen, Y.; Zhu, Y.; Yan, H. and Liu, R. H. 2015. Comparative assessment of phenolic content and *in vitro* antioxidant capacity in the pulp and peel of mango cultivars. *Int. J. Mol. Sci.* 16:13507-13527.
- Al, K. H. and Mottram, D. S. 2014. The relationship between growth stages and aroma composition of lemon basil *Ocimum citriodorum* Vis. *Food Chem.* 152: 440-446.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2005. Official methods of analysis 18th (Ed.). AOAC International. Gaithersburg, MD, EEUU. www.aoac.org.
- Bekhradi, F.; Luna, M. C.; Delshad, M.; Jordan, M. J.; Sotomayor, J. A.; Martínez, C. C. and Gil, M. I. 2015. Effect of deficit irrigation on the postharvest quality of different genotypes of basil including purple and green Iranian cultivars and a Genovese variety. *Postharvest Biol. Technol.* 100:127-135.
- Brand, W. W. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. u. Technol.* 28:25-30.
- Bugarín, M. R.; Galvis, S. A.; Sánchez, G. P. y García, P. D. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total del tomate. *Terra Latinoam.* 20(4):401-409.
- Delgado, R.; Núñez, U. and Velásquez, L. 2004. Acumulación de materia seca, absorción de nitrógeno, fósforo y potasio por el maíz en diferentes condiciones de manejo de la fertilización nitrogenada. *Agron. Trop.* 54(4):371-390.
- Esparza, R. J. R.; Stone, M. B.; Stushnoff C.; Pilon, S. E. and Kendal, P. A. 2006. Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 C. *J. Food Sci.* 71(3):S270-S276.
- Favela, Ch. E.; Preciado, R. P. y Benavidez, M. A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAN). 543 p.
- Flanigan, P. M. and Niemeyer, E. D. 2014. Effect of cultivar on phenolic levels, anthocyanin composition, and antioxidant properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chem* 164: 518-526.
- Henderson, B.; Godde, C.; Medina, H. D.; Van, W. M.; Silvestri, S.; Douxchamps, S.; Stephenson, E.; Power, B.; Rigolot, C.; Cacho O. and Herrero, M. 2016. Closing system-wide yield gaps to increase food production and mitigate GHGs among mixed crop-livestock smallholders in Sub-Saharan Africa. *Agric. Syst.* 143:106-113.
- Ibrahim, M. H.; Jaafar, H. Z.; Karimi E. and Ghasemzadeh, A. 2012. Primary, secondary metabolites, photosynthetic capacity and antioxidant activity of the Malaysian Herb Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Benth) exposed to potassium fertilization under greenhouse conditions. *Int. J. Mol. Sci.* 13:15321-15342.
- differences in the number of leaves by the concentration of K, indicating that the physiological importance of this nutrient is in a greater area of impact for the photosynthesis and, therefore, a greater production of carbon skeletons, which will be used or stored for later and transported to demand sites (Preciado *et al.*, 2002). The effect of potassium on the number of leaves can be demonstrated by the correlation obtained (Table 2) in Cinnamon and Sweet Lemon where it could be suggested that 92 and 87% (respectively) of the number of leaves in these cultivars is due to the increase in the number of leaves concentration of potassium.

Conclusions

In this work a manipulation of the potassium concentration in the nutrient solution was carried out to increase the production of phenolic compounds and the antioxidant capacity of basil as an option to create added value to the crop. It was shown that the content of the phenolic compounds and the antioxidant capacity of the basil could be improved by selecting cultivars and increasing the potassium concentration during plant growth. A significant linear correlation was obtained between the applied potassium concentration and the total content of phenolic compounds and the antioxidant capacity for the three basil genotypes investigated. For the yield it is concluded that the results show that this is affected by the increase in the potassium concentration and that it varies by the selection of the genotype.

End of the English version



- Linthick, P.; Nishimura Y. and Fukumoto, Y. 2012. Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption, and the incidence of tip burn in cabbage, celery, and lettuce. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 53:135-142.
- Javanmardi, J. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *Food Chemistry* 83:547-550.
- Koca, N. and Karaman, S. 2015. The effects of plant growth regulators and L-phenylalanine on phenolic compounds of sweet basil. *Food Chem* 166:515-521.
- Kocira, A.; Świeca, M.; Kocira, S.; Złotek U. and Jakubczyk, A. 2016. Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). *Saudi J. Biol. Sci.*

- Kokaly, R. F. and Skidmore, A. K. 2015. Plant phenolics and absorption features in vegetation reflectance spectra near 1.66 μm . *Inter. J. Appl. Earth Observ. Geoinf.* 43:55-83.
- Kuum, M.; Veksler V. and Kaasik, A. 2015. Potassium fluxes across the endoplasmic reticulum and their role in endoplasmic reticulum calcium homeostasis. *Cell Calcium.* 58:79-85.
- Kwee, E. M. and Niemeyer, E. D. 2011. Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chem.* 128:1044-1050.
- Landi, M.; Pardossi, A.; Remorini D. and Guidi, L. 2013. Antioxidant and photosynthetic response of a purple-leaved and a green-leaved cultivar of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to boron excess. *Environ. Exp. Bot.* 85:64-75.
- Lee, J. and Seagel, C.F. 2010. Chicoric acid levels in commercial basil (*Ocimum basilicum*) and Echinacea purpurea products. *J. Func. Foods* 2:77-84.
- Li, F.; Chen, B.; Xu, K.; Gao, G.; Yan, G.; Qiao, J.; Li, J.; Li, H.; Li, L.; Xiao, X.; Zhang, T.; Nishio T. and Wu, X. 2016. A genome-wide association study of plant height and primary branch number in rapeseed (*Brassica napus*). *Plant Sci.* 242:169-177.
- Mohd Zain, N. A. and Ismail, M. R. 2016. Effects of potassium rates and types on growth, leaf gas exchange and biochemical changes in rice (*Oryza sativa*) planted under cyclic water stress. *Agric. Water Manag.* 164:83-90.
- Moncayo, L. M. D. R.; Alvarez, R. V. D. P.; González C. G.; Salas P. L. y Chávez S. J. A. 2015. Producción orgánica de albahaca en invernadero en la comarca lagunera. *Terra Latinoam.* 33(1):69-78.
- Nguyen, P. M.; Kwee E. M. and Niemeyer, E. D. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chem.* 123:1235-1241.
- Olennikov, D. N.; Kashchenko, N. I.; Chirikova N. K. and Kuz'mina, S. S. 2015. Phenolic profile of *Potentilla anserina* L. (Rosaceae) herb of siberian origin and development of a rapid method for simultaneous determination of major Phenolics in *P. anserina* pharmaceutical products by microcolumn RP-HPLC-UV. *Molecules* 20:224-248.
- Peil, R. M. and Galvez, J. 2012. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Current Agric. Sci. Technol.* 11(1).
- Pottosin, I. I.; Muñoz J. and Shabala, S. 2005. Fast-activating channel controls cation fluxes across the native chloroplast envelope. *J. Membrane Biol.* 204:145-156.
- Preciado, R. P.; Baca, C. G. A.; Tirado, T. J. L.; Kohashi-Shibata J.; Tijerina, CH. L. y Martínez, G. A. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra.* 20(3):267-276.
- Salama, Z. A.; El Baz, F. K.; Gaafar A. A. and Zaki, M. F. 2015. Antioxidant activities of phenolics, flavonoids and vitamin C in two cultivars of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in responses to organic and bio-organic fertilizers. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 14:91-99.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute. 2001. SAS user's guide. Statistics. Version 9.0. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil.* 15(2):134-154.
- Szymanowska, U. 2015. Anti-inflammatory and antioxidative activity of anthocyanins from purple basil leaves induced by selected abiotic elicitors. *Food Chem.* 172:71-77.
- Tilman, D. and Clark, M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515:518-522.
- Uzun, S. 2006. The quantitative effects of temperature and light on the number of leaves preceding the first fruiting inflorescence on the stem of tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) and aubergine (*Solanum melongena* L.). *Scientia Hort.* 109:42-146.