

CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL DE LA VERDOLAGA (*Portulaca oleracea* L.) EN RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN CON NPK

NUTRIENT CONCENTRATION OF PURSLANE (*Portulaca oleracea* L.) IN RESPONSE TO NPK FERTILIZATION

César O. Montoya-García^{1*}, Víctor H. Volke-Haller¹, Antonio Trinidad-Santos¹, Clemente Villanueva-Verduzco²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, 56230. Km. 36.5, Carretera México- Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 56230. Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. (ing.montoya.cesar@gmail.com) (montoya.cesar@colpos.mx)

RESUMEN

La concentración nutrimental de un cultivo permite conocer el aporte de elementos esenciales para los humanos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización con NPK en el contenido de agua, producción de biomasa aérea y concentración nutrimental de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en tres fechas de cosecha (27, 34 y 42 d después de la emergencia). El estudio se realizó en condiciones de campo. Cuatro dosis de N (0, 100, 200 y 300 kg N ha⁻¹), P (0, 30, 60 y 90 kg P₂O₅ ha⁻¹) y K (0, 40, 80 y 120 kg K₂O ha⁻¹) se evaluaron en 12 tratamientos con un diseño de bloques completos al azar y cuatro repeticiones. La información se analizó mediante regresión. El N aplicado incrementó la concentración de N, P, S, Fe, Mn, Cu, Zn y B y disminuyó la concentración de K y Ca. La aplicación de P incrementó la concentración de P. La aplicación de K disminuyó la concentración de K, Ca, Mg y Na. Las fechas de cosecha más tardías aumentaron las concentraciones de N, K, Na, Mn, Fe y Cu. La concentración de Na, Cu y Zn no sobrepasan los límites establecidos para su consumo fresco. La verdolaga tiene aporte substancial de K, Ca, Mg, Mn, Fe, y Zn que podrían contribuir con la ingesta diaria recomendada de minerales esenciales.

Palabras claves: *Portulaca oleracea* L., fertilización nitrogenada, micronutrientes, minerales esenciales.

INTRODUCCIÓN

En México se siembran 454 ha de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) con riego y en secano. En los estados de Morelos, Baja California y la Ciudad de México los rendimientos medios son de 19.18, 10.13 y 9.47 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Los

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2016. Aprobado: diciembre, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 241-254. 2018.

ABSTRACT

In order to find out a crop's contribution of essential elements for humans, its nutrient concentration must be determined. The objective of this study was to evaluate the effect of NPK fertilization on water content, above-ground biomass production, and nutrient concentration of purslane (*Portulaca oleracea* L.), in three harvest dates (27, 34, and 42 d after its emergence). The study was conducted under field conditions. Four doses of N (0, 100, 200, and 300 kg N ha⁻¹), P (0, 30, 60, and 90 kg P₂O₅ ha⁻¹), and K (0, 40, 80, and 120 kg K₂O ha⁻¹) were evaluated in 12 treatments with a fully randomized block design with four replicates. The information was analyzed by regression. The N applied increased the concentration of N, P, S, Fe, Mn, Cu, Zn, and B, and decreased the concentration of K and Ca. Applying P increased the concentration of P. Applying K decreased the concentration of K, Ca, Mg, and Na. Late harvest dates increased the concentrations of N, K, Na, Mn, Fe, and Cu. The concentration of Na, Cu, and Zn do not exceed the limits established for their fresh consumption. Purslane contributes substantial amounts of K, Ca, Mg, Mn, Fe, and Zn that could contribute to the recommended daily intake of essential minerals.

Key words: *Portulaca oleracea* L., nitrogen fertilization, micronutrients, essential minerals.

INTRODUCTION

In Mexico, 454 ha of purslane (*Portulaca oleracea* L.) are sown under irrigation and dry land farming conditions. In the states of Morelos, Baja California, and Mexico City, the average yields are 19.18, 10.13, and 9.47 t ha⁻¹ (SIAP, 2014), respectively. Producers in Mexico City have achieved yields up to 40 t ha⁻¹ (according to personal communication with local producers).

productores de la Ciudad de México han logrado rendimientos hasta de 40 t ha^{-1} (comunicación personal con productores de la zona).

Los estudios de la concentración de nutrimentos en las plantas, permiten establecer las bases de la fertilización de los cultivos. Esta puede ajustarse en el ciclo del cultivo y optimizar la cantidad de fertilizante a utilizar (Greenwood, 1983). La determinación de la concentración de nutrimentos en las plantas también es útil por su aporte a la alimentación humana (FNB/FNIC, 2001).

Los contenidos de N, P, K, Ca y Mg varían entre verdolagas silvestres, verdolagas ornamentales, fases de crecimiento, condiciones climáticas, fertilización y fecha de cosecha (Teixeira y Carvalho, 2009; Kaymak, 2013; Alam *et al.*, 2014; Petropoulos *et al.*, 2015). En México, los estudios se han enfocado a la descripción etnobotánica y lo referente a concentración nutricional en la biomasa aérea es escaso. El objetivo de esta investigación fue determinar las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, Na, S, Mn, Fe, Cu, Zn y B en la biomasa aérea de verdolaga en tres fechas de cosecha comercial, en función del N, P y K aplicados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México ($19^{\circ} 28' 2.07'' \text{ N}$, $98^{\circ} 54' 1.71'' \text{ O}$ y altitud de 2215 m), en julio y agosto de 2014. El clima de la zona se clasifica como Bs 1 kwe (w) (i) g, templado semiseco, con un régimen de lluvias en verano (julio a septiembre), precipitación media anual de 625 mm y temperaturas medias de 22° C (García, 1973). El suelo es Mollic Ustifluent (Soil Survey Staff, 2010), con una profundidad de 150 cm y textura franco arcillo limosa en el horizonte Ap. Las precipitaciones en junio, julio y agosto de 2014 fueron 135.2, 142.5 y 134.1 mm. Las temperaturas máximas medias diarias variaron entre 19° C y 30° C y las mínimas entre 6° C a 11° C en julio y agosto.

Material vegetal

Las semillas de verdolaga se recolectaron en Mixquic, Ciudad de México. El hábito de crecimiento de las plantas fue erecto, poco ramificado, con hojas grandes y tallos verdes.

Tratamientos y diseño experimental

La verdolaga se mantuvo en condiciones de campo y seco, con cuatro dosis de N (0, 100, 200 y 300 kg N ha^{-1}), P (0, 30, 60, y $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) y K (0, 40, 80 y $120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$).

Researches about nutrient concentration in plants establish the basis of the crops' fertilization. Concentration can be adjusted during the crop cycle and the amount of fertilizer to be used can be optimized (Greenwood, 1983). As a result of its contribution to human nutrition, determining the nutrient concentration in plants is also useful (FNB/FNIC, 2001).

The content of N, P, K, Ca, and Mg varies between wild purslane, ornamental purslane, stages of growth, weather conditions, fertilization, and harvest date (Teixeira and Carvalho, 2009; Kaymak, 2013; Alam *et al.*, 2014; Petropoulos *et al.*, 2015). In Mexico, the studies have focused on the ethnobotanical description, while studies about nutrient concentration in the above-ground biomass are infrequent. The objective of this research was to determine the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, Na, S, Mn, Fe, Cu, Zn, and B in the above-ground biomass of purslane in three dates of commercial harvest, according to the amount of N, P, and K applied.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in the Experimental Field of Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México ($19^{\circ} 28' 2.07'' \text{ N}$, $98^{\circ} 54' 1.71'' \text{ W}$, at a 2215-m altitude), in July and August, 2014. The zone has a temperate semi-arid climate (Bs 1 kwe (w) (i) g), with summer rains (July to September), a 625-mm average annual precipitation, and 22° C average temperatures (García, 1973). It has a Mollic Ustifluent soil type (Soil Survey Staff, 2010), with a 150-cm depth, and a silt loam texture (Ap horizon). Rainfall in June, July and August, 2014, was 135.2, 142.5, and 134.1 mm, respectively. The average daily maximum temperatures in July and August varied from 19° C to 30° C , and the minimum temperatures varied from 6° C to 11° C .

Plant material

The purslane seeds were collected in Mixquic, Mexico City. Purslane plants usually grow erect, have few branches, but large leaves and green stems.

Treatments and experimental design

Purslane was grown under field and dry land farming conditions, with four doses of N (0, 100, 200, and 300 kg N ha^{-1}), P (0, 30, 60, and $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$), and K (0, 40, 80, and $120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$). Each element was applied separately

Cada elemento se aplicó separado con la tercera dosis de los otros dos nutrientes en una condición no limitante o de suficiencia (Cuadro 1). Los 12 tratamientos generados se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales consistieron en rectángulos de 3 m de longitud por 1.5 m de anchura, formados manualmente. La parcela útil tuvo 4.5 m². Las fuentes de fertilizantes fueron sulfato de amonio [(NH₄)₂SO₄, 21 % N], fosfato mono-amónico [NH₄H₂PO₄, 12 % N y 61 % P₂O₅] y sulfato de potasio [K₂SO₄, 51 % K₂O].

Conducción de experimento

La preparación del suelo se realizó con los procedimientos de los productores de Mixquic. Esta incluye barbecho y rastreo, formación de canales para el riego y de camas de cultivo o melgas. El contorno de cada melga se realizó con bordos de 0.30 m de anchura, actividad conocida como acamellonar o encuadrar. La siembra se realizó el 3 de julio del 2014, se aplicaron 1.86 g m⁻² de semilla al voleo (4726 semillas g⁻¹) y después 3.5 t ha⁻¹ de gallinaza al voleo para estimular la germinación. La mitad del fertilizante nitrogenado y todo el P y K se aplicaron 25 d después de la siembra (dds) y el resto 32 dds. El control de malezas se realizó manualmente y no se aplicaron insecticidas ni fungicidas. Las cosechas se hicieron en madurez vegetativa, 27 d después de la emergencia (dde, C₁), en la primera floración, 34 dde (C₂), y en la segunda, 42 dde (C₃).

Muestreo y análisis de suelos

Una muestra de suelo, compuesta de 10 submuestras, se obtuvo de 0 a 20 cm de profundidad de cada unidad experimental. Las

with the third dose of the other two nutrients under a non-limiting or sufficiency condition (Table 1). The 12 treatments generated were distributed in a fully randomized block design with four replicates. The experimental units were handmade 3×1.5 m rectangles (length×width). The net harvest area of the plot (“useful plot”) had an area of 4.5 m². Fertilizer sources were ammonium sulfate [(NH₄)₂SO₄, 21 % N], monoammonium phosphate [NH₄H₂PO₄, 12 % N and 61 % P₂O₅], and potassium sulfate [K₂SO₄, 51 % K₂O].

Experiment set-up

The soil was prepared following the procedures used by the Mixquic producers, including: ploughing and preparing the land with a harrow, digging irrigation channels, and setting-up cultivation beds or “melgas” (piece of land ready for sowing). Thirty cm wide contours were built around each melga: an activity known as piling up (*acamellonar*) or framing (*encuadrar*). Sowing was carried out on July 3, 2014: first 1.86 g m⁻² of seed (4726 seeds g⁻¹) were scattered, followed by 3.5 t ha⁻¹ of poultry manure to stimulate germination. Half of the nitrogen fertilizer and all the P and K were applied 25 d after sowing (das), and the rest 32 das. Weed control was carried out manually and no insecticides or fungicides were applied. Purslane was harvested during its plant maturity, 27 d after the emergence (dae, C₁); during its first flowering, 34 dae (C₂); and during its second flowering, 42 dae (C₃).

Soil sampling and analysis

A soil sample —composed of 10 subsamples— was obtained at a 0-20 cm depth from each experimental unit. The samples

Cuadro 1. Dosis de fertilización de los tratamientos estudiados. Table 1. Fertilization dose of the treatments under study.

Tratamiento	Dosis de fertilización		
	N (kg N ha ⁻¹)	P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	K (kg K ₂ O ha ⁻¹)
N ₀	0	60	80
N ₁₀₀	100	60	80
N ₂₀₀	200	60	80
N ₃₀₀	300	60	80
P ₀	200	0	80
P ₃₀	200	30	80
P ₆₀	200	60	80
P ₉₀	200	90	80
K ₀	200	60	0
K ₄₀	200	60	40
K ₈₀	200	60	80
K ₁₂₀	200	60	120

muestras se deshidrataron a 40-50 °C, por 2 días y se tamizaron (2 mm). Las evaluaciones incluyeron pH, conductividad eléctrica (CE) (Richards, 1990), materia orgánica (Jackson, 1976), P (Olsen y Dean, 1965), bases intercambiables (K, Ca, Mg y Na) (Chapman, 1965), microelementos (Fe, Cu, Zn y Mn) (Aguilar *et al.*, 1987) y textura (Bouyoucos, 1936). Los valores fueron: pH 8.2, CE 0.36 dS m⁻¹, materia orgánica 2.29 a 3.0 % y los siguientes elementos en mg kg⁻¹: P 12 a 35, K 546 a 819, Ca 560 a 780, Mg 125 a 192, Na 6.9, Fe 9, Cu 1.3, Zn 24 a 29 y Mn 1.5. La textura fue franco arcillo limosa.

Muestreo y análisis en planta

La biomasa aérea se cosechó con un marco de madera de 0.0625 m², que se colocó en el suelo de cada unidad experimental, y la planta dentro del marco se cortó al nivel del suelo. El material vegetal se mantuvo a 70 °C, por 72 h. El tejido seco se pesó y el contenido de agua en la biomasa aérea se calculó.

La biomasa aérea seca se trituró y cribó en un tamiz de 1.0 mm para la determinación de las concentraciones nutrimentales. La concentración de N se determinó por el método Kjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999). Para determinar P, K, Ca, Mg, Na, S, Mn, Fe, Cu, Zn y B se realizó digestión húmeda del tejido, con una mezcla de ácidos nítrico y perclórico (HNO₃:HClO₄, 2:1) (Alcántar y Sandoval, 1999). El K y Na se midieron mediante flammometría con un equipo Corning 400-flame Photometer, y los demás elementos con un equipo de espectrometría de emisión atómica de inducción por plasma acoplado (ICP-AES; VARIAN®, modelo Liberty II; Mulgrave, Australia).

Análisis estadístico de la información

Un modelo de regresión se determinó para cada concentración nutrimental de la biomasa, en función del N, P y K aplicados y de las tres fechas de cosecha, que se consideraron como variables auxiliares (cosecha 1: C₁=0, C₂=0, C₃=0; cosecha 2: C₁=0, C₂=1, C₃=0; cosecha 3: C₁=0, C₂=0, C₃=1); además, se incluyeron los factores de suelo: materia orgánica, P Olsen y K intercambiable. El modelo se estimó con el método descrito por Volke (2008): se especifica un modelo con una o pocas variables a partir de la relación gráfica entre las variables respuesta y los factores en estudio y se incorporan variables al modelo con base en la relación gráfica entre los residuos y los factores aún no incluidos en el modelo, que mostrasen alguna tendencia de respuesta, hasta obtener un modelo con el cuadrado medio del error (CME) menor. Los modelos de regresión se obtuvieron con SAS 8.2 para Windows, y las gráficas de la concentración nutrimental en función del N, P y K y las cosechas se generaron con los valores estimados por los modelos.

were dehydrated at 40-50 °C, for 2 days and were afterwards sieved (2 mm). Evaluations included pH, electrical conductivity (EC) (Richards, 1990), organic matter (Jackson, 1976), P (Olsen and Dean, 1965), interchangeable bases —K, Ca, Mg, and Na— (Chapman, 1965), micro-elements —Fe, Cu, Zn, and Mn— (Aguilar *et al.*, 1987), and texture (Bouyoucos, 1936). The values were: pH 8.2; EC 0.36 dS m⁻¹; organic matter 2.29 to 3.0 %. The following elements were also found in mg kg⁻¹: P 12 to 35; K 546 to 819; Ca 560 to 780; Mg 125 to 192; Na 6.9; Fe 9; Cu 1.3; Zn 24 to 29; and Mn 1.5. The texture was silt loam.

Plant sampling and analysis

Above-ground biomass was harvested with a 0.0625-m² wooden frame. This frame was placed on the soil of each experimental unit, and the plant within the frame was cut at ground level. The plant material was kept at 70 °C, for 72 h. The dry tissue was weighed, and the water content in the above-ground biomass was calculated.

The dry above-ground biomass was ground and sieved in a 1.0 mm sieve, to determine its nutrient concentrations. The concentration of N was determined by the Kjeldahl method (Alcántar and Sandoval, 1999). In order to determine P, K, Ca, Mg, Na, S, Mn, Fe, Cu, Zn, and B, tissue was subject to wet digestion using a mixture of nitric and perchloric acids (HNO₃:HClO₄, 2:1) (Alcántar y Sandoval, 1999). K and Na were measured by flame photometry with a Corning 400-flame Photometer equipment, and the remaining elements were measured with an atomic emission induction plasma-coupled spectrometry equipment (ICP-AES, VARIAN®, Liberty II model, Mulgrave, Australia).

Statistical analysis of information

A regression model was determined for each nutrient concentration of the biomass, as a function of N, P, and K applied, and three harvest dates, which were considered as auxiliary variables (harvest 1: C₁=0, C₂=0, C₃=0; harvest 2: C₁=0, C₂=1, C₃=0; harvest 3: C₁=0, C₂=0, C₃=1); besides, soil factors (organic matter, P Olsen, and interchangeable K) were also included. The model was estimated with the method described by Volke (2008): specifying a model with one or few variables, based on the graphic relationship between the response variables and the factors under study; then variables are incorporated into the model, based on the graphic relationship between the residuals and the factors not yet been included in the model, but which show some response tendency. This method is followed until a model with the lowest mean squared error (MSE) is obtained. The regression models were obtained with

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos de regresión de las concentraciones nutrimentales mostraron efectos variables dependientes del nutriente aplicado y de la fecha de cosecha. En contraste, ninguno mostró efecto por la variación de la materia orgánica, P o K del suelo.

El contenido de agua en la biomasa aérea de verdolaga incrementó con el N aplicado, de 94.2 a 95.3 % en la cosecha 1 y de 94.2 a 95.8 % en la cosecha 2; en la cosecha 3 el contenido de agua aumentó de 92.7 a 94.9, con 0 y 300 kg N ha⁻¹ (Cuadro 2, Figura 1).

Los contenidos de agua en la biomasa aérea de verdolaga fueron similares a los de Kaymak (2013) y Lara *et al.* (2011). Karkanis y Petropoulos (2017) reportaron diferencias entre cultivares de verdolaga provenientes de Irán y Grecia, sin variaciones significativas en el tiempo de cosecha, 26 dds (*i.e.*, 91 a 93 %) y 45 dds (*i.e.*, 90 a 94 %). Uddin *et al.* (2012a) observaron disminución del contenido de agua con el tiempo de cosecha, de 90 a 74 % a los 15 y 60 dds. El contenido de agua en la biomasa aérea de verdolaga disminuyó en condiciones de estrés salino, por adición de NaCl en la solución nutritiva (Teixeira y Carvallho, 2009; Kafi y Rahimi, 2011; Uddin *et al.*, 2012b). En contraste, en estrés hídrico por sequía o saturación de agua del suelo el contenido de agua en el tejido no se afectó (Uddin *et al.*, 2017).

La concentración de N en la biomasa aérea aumentó con el N y P aplicados y por su interacción entre ambos, desde 25.2 hasta 40.8 mg N g⁻¹ con 300 kg N ha⁻¹, la concentración máxima fue de

the SAS 8.2 statistical software for Windows, and the charts of the nutrient concentration based on the N, P, and K and the crops were generated with the values estimated by the models.

RESULTS AND DISCUSSION

The regression models of the nutrient concentrations showed variable effects depending on the nutrient applied and the harvest date. In contrast, none showed effect due to the variation of organic matter, P, or K in the soil.

The water content in the above-ground biomass of purslane increased with the N applied, from 94.2 to 95.3 % in harvest 1 and from 94.2 to 95.8 % in harvest 2; the water content in harvest 3 increased from 92.7 to 94.9, with 0 and 300 kg N ha⁻¹ (Table 2, Figure 1).

The water content in above-ground biomass of purslane was similar to the results of Kaymak (2013) and Lara *et al.* (2011). Karkanis and Petropoulos (2017) reported differences between purslane cultivars from Iran and Greece, without significant variations in harvest time: 26 das (*i.e.*, 91 to 93 %) and 45 das (*i.e.*, 90 to 94 %). Uddin *et al.* (2012a) observed that water content decreased as the harvest time was extended, from 90 to 74 % at 15 and 60 das. The water content in the above-ground biomass of purslane decreased under salt stress conditions, as a result of adding NaCl to the nutrient solution (Teixeira and Carvallho, 2009; Kafi and Rahimi, 2011; Uddin *et al.*, 2012b). In contrast, the water content in the tissue was not affected by water stress

Cuadro 2. Modelos de regresión para el contenido de agua y concentración de N, P, y K en la biomasa aérea de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función de N, P y K aplicados y fechas de cosecha.

Table 2. Regression models for water content and concentration of N, P, and K in the above-ground biomass of purslane (*Portulaca oleracea* L.), based on the amount of N, P and K applied and harvest dates.

Modelo de regresión	Pr. F	CV %	R ²
H=94.244-1.542 C ₃ +0.0604 N ^{0.50} +0.00170 C ₂ N+0.00402 C ₃ N	**	0.43	0.710
cN=25.230+0.0520 N+0.00325 N P ^{0.50}	**	10.59	0.642
cP=3.279+0.00425 P+0.0564 P ^{0.50} +0.00256 N	**	7.53	0.407
cK=12.118+0.0306 N-0.0001582 N ² +0.1104 K-0.00111 K ² -1.4286 C ₃	**	11.65	0.705

H: contenido de agua en la biomasa aérea de verdolaga (%), cN: concentración de nitrógeno (mg g⁻¹), cP: concentración de P (mg g⁻¹), cK: concentración de K (mg g⁻¹), N: dosis de N (kg ha⁻¹), P: dosis de P (kg P₂O₅ ha⁻¹), C₂ y C₃ son variables auxiliares para la cosecha 2 y 3 con respecto a la cosecha 1. Pr. F: probabilidad de F; ** p=0.01, CV: coeficiente de variación (%) y R²: coeficiente de determinación múltiple. ❖ H: water content in the above-ground biomass of purslane (%); cN: concentration of N (mg g⁻¹); cP: concentration of P (mg g⁻¹); cK: concentration of K (mg g⁻¹); N: dose of N (kg ha⁻¹); P: dose of P (kg P₂O₅ ha⁻¹); C₂ and C₃ are auxiliary variables for harvest 2 and 3 in relation to harvest 1. Pr. F: probability of F; ** p=0.01; CV: coefficient of variation (%); and R²: coefficient of multiple determination.

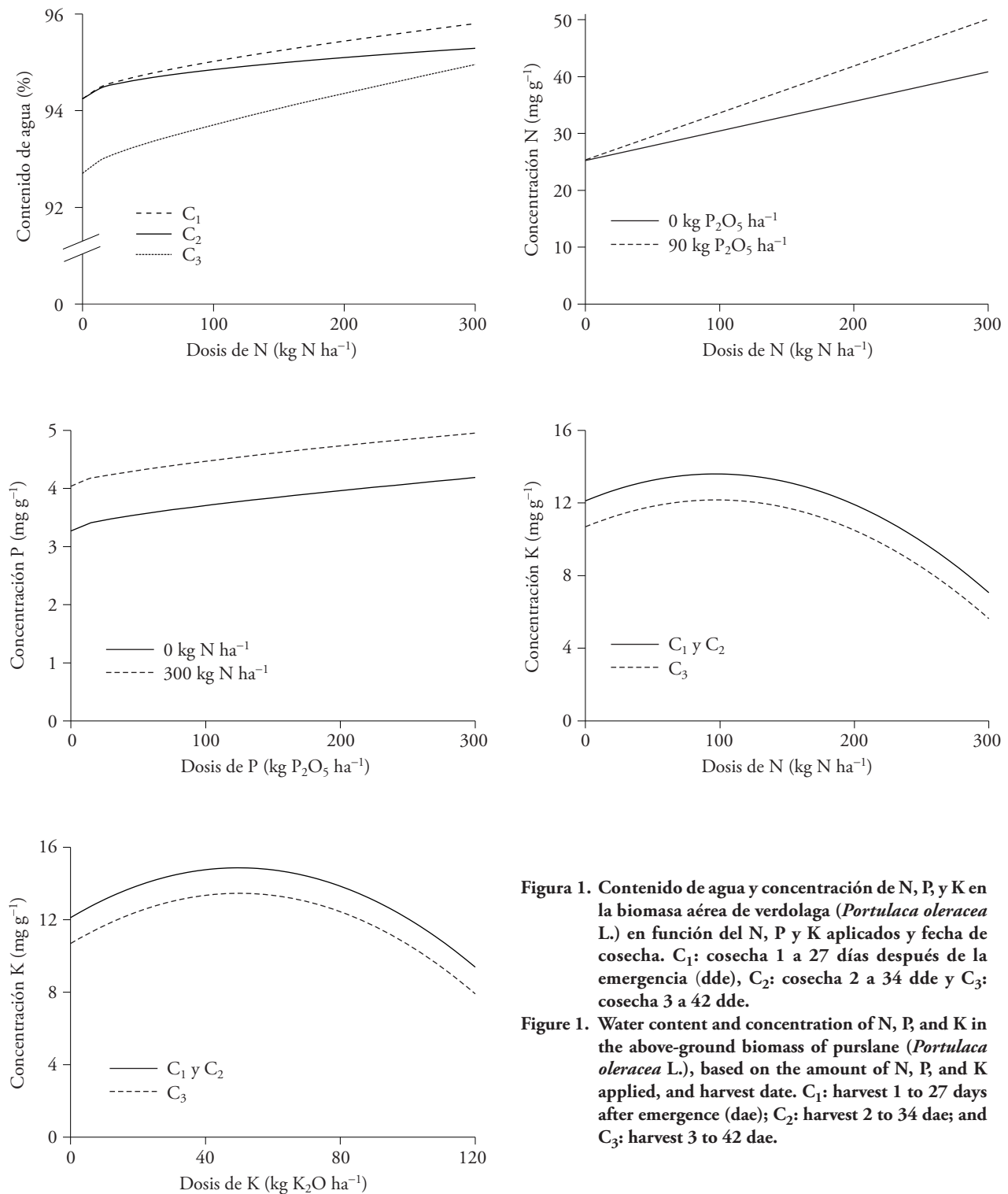


Figura 1. Contenido de agua y concentración de N, P, y K en la biomasa aérea de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función del N, P y K aplicados y fecha de cosecha. C₁: cosecha 1 a 27 días después de la emergencia (dde), C₂: cosecha 2 a 34 dde y C₃: cosecha 3 a 42 dde.

Figure 1. Water content and concentration of N, P, and K in the above-ground biomass of purslane (*Portulaca oleracea* L.), based on the amount of N, P, and K applied, and harvest date. C₁: harvest 1 to 27 days after emergence (dae), C₂: harvest 2 to 34 dae; and C₃: harvest 3 to 42 dae.

50.0 mg g⁻¹ con 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 300 kg N ha⁻¹ (Cuadro 2, Figura 1).

Estos valores concordaron con los obtenidos por Kaymak (2013) (24 mg N g⁻¹ al aplicar 150 kg N ha⁻¹), Viana *et al.* (2015) (28.6 mg N g⁻¹) y Graifenberg *et al.* (2003) a los 124 dds en hidroponía (28 y 32 mg N g⁻¹) con 0 y 3 g L⁻¹ de NaCl en la solución nutritiva. Uddin *et al.* (2017) observaron que el estrés hídrico afectó la concentración de N en la verdolaga, con 10 d saturados seguidos por condición de capacidad de campo, con 15.7 mg N g⁻¹, en comparación con condición de inundación continua, con 31.4 mg N g⁻¹. Con 12 y 36 mmol N L⁻¹ en la solución nutritiva las concentraciones fueron 6.3 y 7.8 mg N g⁻¹, reportadas por Fontana *et al.* (2006). Alam *et al.* (2014) obtuvieron concentraciones máximas de 118 y 184 mg N g⁻¹ en dos genotipos de verdolaga de Malasia.

El N y P aplicados incrementaron el contenido de P, a partir de 3.28 mg g⁻¹, en 0.77 mg P g⁻¹ con 300 kg N ha⁻¹, y en 1.01 con 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ (Cuadro 2, Figura 1).

El fertilizante nitrogenado modificó el contenido de P en la verdolaga, con valores de 2.4, 2.5, 2.7, y 2.9 mg P g⁻¹ con sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea, nitrato de amonio cálcico, respectivamente (Kaymak, 2013). En condiciones salinas, la concentración de P en la biomasa aérea aumentó, de 4.7 a 5.8 mg P g⁻¹ con 0 y 3 g NaCl L⁻¹ (Graifenberg *et al.*, 2003). Las concentraciones de P en verdolaga, proveniente de Brasil y Malasia fueron superiores a las de nuestro estudio, 5.3 mg g⁻¹ (Viana *et al.*, 2015) y 8.3 y 14.1 mg g⁻¹ (Alam *et al.*, 2014).

La concentración de K en la biomasa aérea incrementó con el N y K aplicados, de 12.1 a 13.5 mg g⁻¹ con 95 kg N ha⁻¹, y hasta 14.9 mg g⁻¹ con 50 kg K₂O ha⁻¹. Después de alcanzar estos valores máximos, las concentraciones disminuyeron por N y K. En la cosecha 3 disminuyó la concentración de K en 1.43 mg g⁻¹ (Cuadro 2, Figura 1).

Las concentraciones de K en verdolaga reportadas en la literatura son mayores a las de nuestro estudio, de 22.5 y 37.9 mg K g⁻¹ en Turquía, 53.7 mg K g⁻¹ en Brasil y 478 y 586 mg K g⁻¹ en Malasia (Kiliç *et al.*, 2008; Kaymak, 2013). Además, Uddin *et al.* (2012a) observaron incrementos en función de la fecha de cosecha, de 50, 51 y 59 mg K g⁻¹ a los 30, 45 y 60 dds, respectivamente. En sistemas hidropónicos la adición de NaCl en la solución nutritiva disminuyó

(drought) or water saturation in the soil (Uddin *et al.*, 2017).

The concentration of N in above-ground biomass increased when N and P were applied—and by the interaction between both factors— from 25.2 to 40.8 mg N g⁻¹ with 300 kg N ha⁻¹. The maximum concentration was 50.0 mg g⁻¹ with 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, and 300 kg N ha⁻¹ (Table 2, Figure 1).

These values matched those obtained by Kaymak (2013) (24 mg N g⁻¹, applying 150 kg N ha⁻¹), Viana *et al.* (2015) (28.6 mg N g⁻¹), and Graifenberg *et al.* (2003) at 124 das under hydroponic conditions (28 and 32 mg N g⁻¹), with 0 and 3 g L⁻¹ of NaCl in the nutrient solution. Uddin *et al.* (2017) observed that water stress affected the concentration of N in purslane—10 saturated days followed by field capacity condition, with 15.7 mg N g⁻¹— compared to continuous flooding—with 31.4 mg N g⁻¹. Fontana *et al.* (2006) reported concentrations of 6.3 and 7.8 mg g⁻¹, with 12 and 36 mmol N L⁻¹ in the nutrient solution, respectively. Alam *et al.* (2014) obtained maximum concentrations of 118 and 184 mg N g⁻¹ in two genotypes of Malayan purslane.

The N and P applied increased the content of P: starting from 3.28 mg g⁻¹ (in 0.77 mg P g⁻¹ with 300 kg N ha⁻¹), and from 1.01 (90 kg P₂O₅ ha⁻¹) (Table 2, Figure 1).

Nitrogen fertilizer modified the P content in purslane, with values of 2.4, 2.5, 2.7, and 2.9 mg P g⁻¹ with ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, and calcium ammonium nitrate, respectively (Kaymak, 2013). Under saline conditions, the concentration of P in above-ground biomass increased, from 4.7 to 5.8 mg P g⁻¹ with 0 and 3 g NaCl L⁻¹ (Graifenberg *et al.*, 2003), respectively. Concentrations of P in purslane from Brazil and Malaysia were higher than those of our study: 5.3 mg g⁻¹ (Viana *et al.*, 2015), and 8.3 and 14.1 mg g⁻¹ (Alam *et al.*, 2014).

The concentration of K in the above-ground biomass increased with the N and K applied, from 12.1 to 13.5 mg g⁻¹ with 95 kg N ha⁻¹, and up to 14.9 mg g⁻¹ with 50 kg K₂O ha⁻¹. After reaching these maximum values, the concentration of N and K decreased. During harvest 3, K concentration decreased by 1.43 mg g⁻¹ (Table 2, Figure 1).

According to the bibliography, concentrations of K in purslane are higher than those of this study: 22.5 and 37.9 mg K g⁻¹ in Turkey; 53.7 mg K g⁻¹

las concentraciones de K, de 43.7 y 29.1 mg g⁻¹ peso fresco (PF), con 0.8 y 24.2 dS m⁻¹, respectivamente (Teixeira y Carvalho, 2009). En la solución nutritiva de sistemas charolas flotantes la aireación modificó las concentraciones de K, con niveles de 3.8 a 4.5 mg K kg PF y de 3.2 a 4.3 mg K kg PF, y sin aireación de 2.5 a 4.0 mg K kg PF (Lara *et al.*, 2011).

La concentración de S en la biomasa aérea disminuyó en las cosechas 2 y 3, en 1.34 y 1.55 mg g⁻¹. En contraste el N aplicado en dosis hasta de 170 kg N ha⁻¹ incrementó el contenido de S en todas las cosechas y alcanzó 3.92, 2.59 y 2.37 mg S g⁻¹ en la cosecha 1, 2 y 3 (Cuadro 3, Figura 2). Viana *et al.* (2015) obtuvieron concentraciones similares de S (2.8 mg S g⁻¹); en contraste, Kaymak (2013) determinó concentraciones inferiores (0.47 a 0.55 mg S g⁻¹).

En la cosecha 1 la concentración de Ca en la biomasa aérea disminuyó de 9.86 a 8.90 mg g⁻¹ con 120 kg K₂O ha⁻¹ aplicado; a la vez, en las cosechas 2 y 3 la disminución en la concentración de Ca fue 0.19 y 0.55 mg g⁻¹ (Cuadro 3, Figura 2).

En la cosecha 1 la concentración de Mg en la biomasa aérea disminuyó, de 15.67 a 13.34 mg Mg g⁻¹ con 120 kg K₂O ha⁻¹; en contraste, en las cosechas 2 y 3 la concentración incrementó en 0.55 y 0.63 mg Mg g⁻¹ (Cuadro 3, Figura 2).

El N (300 kg N ha⁻¹) y K (115 kg K₂O ha⁻¹) disminuyeron el Na de 4.67 a 3.29 mg g⁻¹ y de 3.38 mg g⁻¹ en la biomasa aérea; en contraste, las cosechas 2 y 3 aumentaron la concentración en 0.39 y 0.20 mg Na g⁻¹ (Cuadro 3, Figura 2).

Alam *et al.* (2014) determinaron concentraciones superiores a las de nuestro estudio, en Ca (37 y 43 mg g⁻¹)

in Brazil; and 478 and 586 mg K g⁻¹ in Malaysia (Kiliç *et al.*, 2008; Kaymak, 2013). In addition, Uddin *et al.* (2012a) observed 50, 51, and 59 mg K g⁻¹ increases according to the harvest date at 30, 45, and 60 das, respectively. In hydroponic systems, adding NaCl to the nutrient solution decreased concentrations of K of 29.1 and 43.7 mg g⁻¹ fresh weight (FW), with 0.8 and 24.2 dS m⁻¹, respectively (Teixeira and Carvalho, 2009). In the nutrient solution of floating tray systems, aeration modified K concentrations, with levels from 3.8 to 4.5 mg K kg FW and from 3.2 to 4.3 mg K kg FW; meanwhile, the lack of aeration modified the levels from 2.5 to 4.0 mg K kg FW (Lara *et al.*, 2011).

The concentration of S in the above-ground biomass decreased in harvest 2 and 3, by 1.34 and 1.55 mg g⁻¹. In contrast, applying doses of N of up to 170 kg N ha⁻¹ increased the content of S in all crops and reached 3.92, 2.59, and 2.37 mg S g⁻¹ in harvest 1, 2, and 3, respectively (Table 3, Figure 2). Viana *et al.* (2015) obtained similar concentrations of S (2.8 mg S g⁻¹); in contrast, Kaymak (2013) determined lower concentrations (0.47 to 0.55 mg S g⁻¹).

In harvest 1, the concentration of Ca in the above-ground biomass decreased from 9.86 to 8.90 mg g⁻¹ when 120 kg K₂O ha⁻¹ was applied; at the same time, in harvest 2 and 3, the decrease in the concentration of Ca was 0.19 and 0.55 mg g⁻¹ (Table 3, Figure 2).

In harvest 1, the concentration of Mg in the above-ground biomass decreased, from 15.67 to 13.34 mg Mg g⁻¹ with 120 kg K₂O ha⁻¹; in contrast, in

Cuadro 3. Modelos de regresión para las concentraciones de S, Ca, Mg y Na en la biomasa aérea de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función del N y K aplicados y fechas de cosecha.

Table 3. Regression models for concentrations of S, Ca, Mg, and Na in the above-ground biomass of purslane (*Portulaca oleracea* L.), based on the amount of N and K applied and harvest dates.

Modelo de regresión	Pr. F	CV %	R ²
S=3.11+0.0094 N-0.0000272 N ² -1.337 C ₂ -1.555 C ₃	**	16.28	0.742
Ca=9.866-0.00798 K-0.194 C ₂ -0.550 C ₃	**	14.05	0.504
Mg=15.678-0.0195 K+0.555 C ₂ +0.628 C ₃	**	4.14	0.669
Na=4.674-0.00574 N+0.00000377 N ² -0.0223 K+0.0000961 K ² +0.391 C ₂ +0.203 C ₃	**	9.81	0.779

La concentración de los elementos está en mg g⁻¹. N: dosis de N (kg ha⁻¹), K: dosis de K (kg K₂O ha⁻¹), C₂ y C₃: son variables auxiliares para la cosecha 2 y 3, respectivamente, respecto a la cosecha 1. Pr. F: probabilidad de F; ** p: 0.01, CV: coeficiente de variación (%) y R²: coeficiente de determinación múltiple. ❖ The concentration of elements is expressed in mg g⁻¹. N: dose of N (kg ha⁻¹); K: dose of K (kg K₂O ha⁻¹); C₂ and C₃ are auxiliary variables for harvest 2 and 3 in relation to harvest 1. Pr. F: probability of F; **p=0.01, CV: coefficient of variation (%); and R²: coefficient of multiple determination.

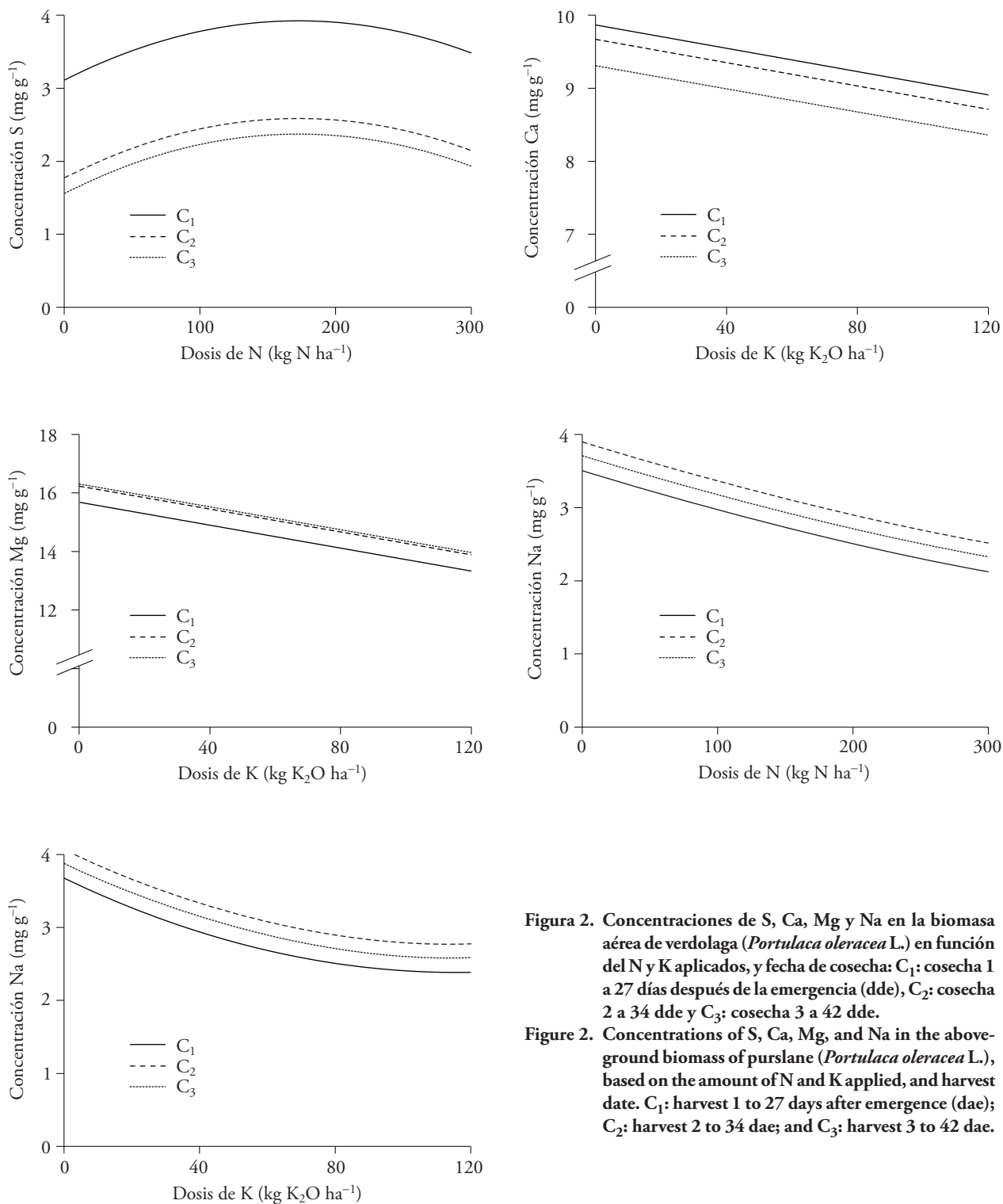


Figura 2. Concentraciones de S, Ca, Mg y Na en la biomasa aérea de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función del N y K aplicados, y fecha de cosecha: C₁: cosecha 1 a 27 días después de la emergencia (dde), C₂: cosecha 2 a 34 dde y C₃: cosecha 3 a 42 dde.

Figure 2. Concentrations of S, Ca, Mg, and Na in the above-ground biomass of purslane (*Portulaca oleracea* L.), based on the amount of N and K applied, and harvest date. C₁: harvest 1 to 27 days after emergence (dae); C₂: harvest 2 to 34 dae; and C₃: harvest 3 to 42 dae.

y Mg (46 y 49 mg g⁻¹); Viana *et al.* (2015) también obtuvo más Ca (14 mg g⁻¹) pero menos Mg (8.4 mg g⁻¹). Kaymak (2013) observó que la concentraciones de Ca (12 a 15 mg g⁻¹) y Mg (1.4 a 1.5 mg g⁻¹) en verdolaga son dependientes de la fuente de fertilizante nitrogenado (sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea y nitrato de amonio cálcico) que se utilice. Uddin *et al.* (2012a) reportaron incrementos en las concentraciones de Ca (64.6 a 77.9 mg g⁻¹) y Mg (51.7 a 59.4 mg g⁻¹) en verdolaga, a los 15 y 60 dds y disminución de Na (6.3 a 8.2 mg g⁻¹) en dependencia de la fecha de cosecha. Teixeira y Carvalho (2009) observaron que la presencia de NaCl (0.8 a 24 dS m⁻¹) en la solución nutritiva disminuyó la concentración de Ca (44.7 a 87.37 mg g⁻¹) e incrementó el contenido de Na (14.2 a 36.9 mg g⁻¹) en tallos y hojas de verdolaga, con concentraciones mayores en primavera que en verano. Petropoulos *et al.* (2015) reportaron mayor contenido de Ca y Mg en verdolaga de Irán (0.21 a 0.23 mg Ca g⁻¹ PF y 0.14 a 0.17 mg Mg g⁻¹ PF) que en verdolaga de Grecia (0.15 a 0.17 mg Ca g⁻¹ PF y 0.12 mg Mg g⁻¹ PF). Egea-Gilabert *et al.* (2014) observaron concentraciones diferentes de Na entre genotipos de verdolaga provenientes de España, con variaciones de 0.55 a 0.79 mg g⁻¹ PF. Lara *et al.* (2011) indicaron que la concentración de Na se incrementó en condiciones anaeróbicas de la solución nutritiva, en charolas flotantes.

La concentración de Mn en la biomasa aérea aumentó por el N aplicado (de 54.9 a 65.7 mg Mn kg⁻¹ con 300 kg N ha⁻¹) en la cosecha 1; el aumento también se observó en las cosechas 2 y 3 (66.6 y 64.6 mg Mn kg⁻¹) (Cuadro 4, Figura 3).

harvest 2 and 3, the concentration increased by 0.55 and 0.63 mg Mg g⁻¹ (Table 3, Figure 2).

N (300 kg N ha⁻¹) and K (115 kg K₂O ha⁻¹) decreased Na, from 4.67 to 3.29 mg g⁻¹ and 3.38 mg g⁻¹ in the above-ground biomass; in contrast, harvest 2 and 3 increased the concentration by 0.39 and 0.20 mg Na g⁻¹ (Table 3, Figure 2).

Alam *et al.* (2014) determined Ca (37 and 43 mg g⁻¹) and Mg (46 and 49 mg g⁻¹) concentrations, which are higher than those found in our study; Viana *et al.* (2015) also obtained more Ca (14 mg g⁻¹) but less Mg (8.4 mg g⁻¹). Kaymak (2013) observed that the concentrations of Ca (12 to 15 mg g⁻¹) and Mg (1.4 to 1.5 mg g⁻¹) in purslane depend on the source nitrogenous fertilizer that is used (ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, and calcium ammonium nitrate). Uddin *et al.* (2012a) reported that the concentration of Ca (64.6 to 77.9 mg g⁻¹) and Mg (51.7 to 59.4 mg g⁻¹) in purslane increased at 15 and 60 das, while the concentration of Na (6.3 to 8.2 mg g⁻¹) decreased depending on the harvest date. Teixeira and Carvalho (2009) observed that the presence of NaCl (0.8 to 24 dS m⁻¹) in the nutrient solution decreased the concentration of Ca (44.7 to 87.37 mg g⁻¹) and increased the content of Na (14.2 to 36.9 mg g⁻¹) in purslane stems and leaves, while concentrations were higher in spring than in summer. Petropoulos *et al.* (2015) reported higher content of Ca and Mg in purslane from Iran (0.21 to 0.23 mg Ca g⁻¹ FW and 0.14 to 0.17 mg Mg g⁻¹ FW) than in purslane from Greece (0.15 to 0.17 mg Ca g⁻¹ FW and 0.12 mg Mg g⁻¹ FW). Egea-Gilabert *et al.* (2014) observed different

Cuadro 4. Modelos de regresión para las concentraciones de Mn, Fe, Cu, Zn y B en la biomasa aérea de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función del N aplicado y fechas de cosecha.

Table 4. Regression models for concentrations of Mn, Fe, Cu, Zn and B in the above-ground biomass of purslane (*Portulaca oleracea* L.), based on the amount of N applied and harvest dates.

Modelo de regresión	Pr. F	CV %	R ²
Mn=54.917+0.000120 N ² +0.0389 C ₂ N+0.0324 C ₃ N	**	9.00	0.619
Fe=613.614+1.546 N-0.00381 N ² +549.83 C ₂ +703.24 C ₃	**	23.61	0.598
Cu=11.322=0.0133 N+1.470 C ₂ +2.453 C ₃	**	8.95	0.632
Zn=31.518+0.0769 N-0.000132 C ₂ N ² -0.000149 C ₃ N ²	**	13.95	0.543
B=31.88+0.022 N-0.000066 N ² -4.439 C ₂	**	6.61	0.547

La concentración de los elementos se expresó en mg kg⁻¹. N: dosis de N (kg N ha⁻¹), C₂ y C₃: son variables auxiliares para la cosecha 2 y 3 respecto a la cosecha 1. Pr. F: probabilidad de F; ** p=0.01, CV: coeficiente de variación (%) y R²: coeficiente de determinación múltiple. ❖ The concentration of elements is expressed in mg kg⁻¹. N: dose of N (kg ha⁻¹); C₂ and C₃ are auxiliary variables for harvest 2 and 3 in relation to harvest 1. Pr. F: probability of F; ** p=0.01; CV: coefficient of variation (%); and R²: coefficient of multiple determination.

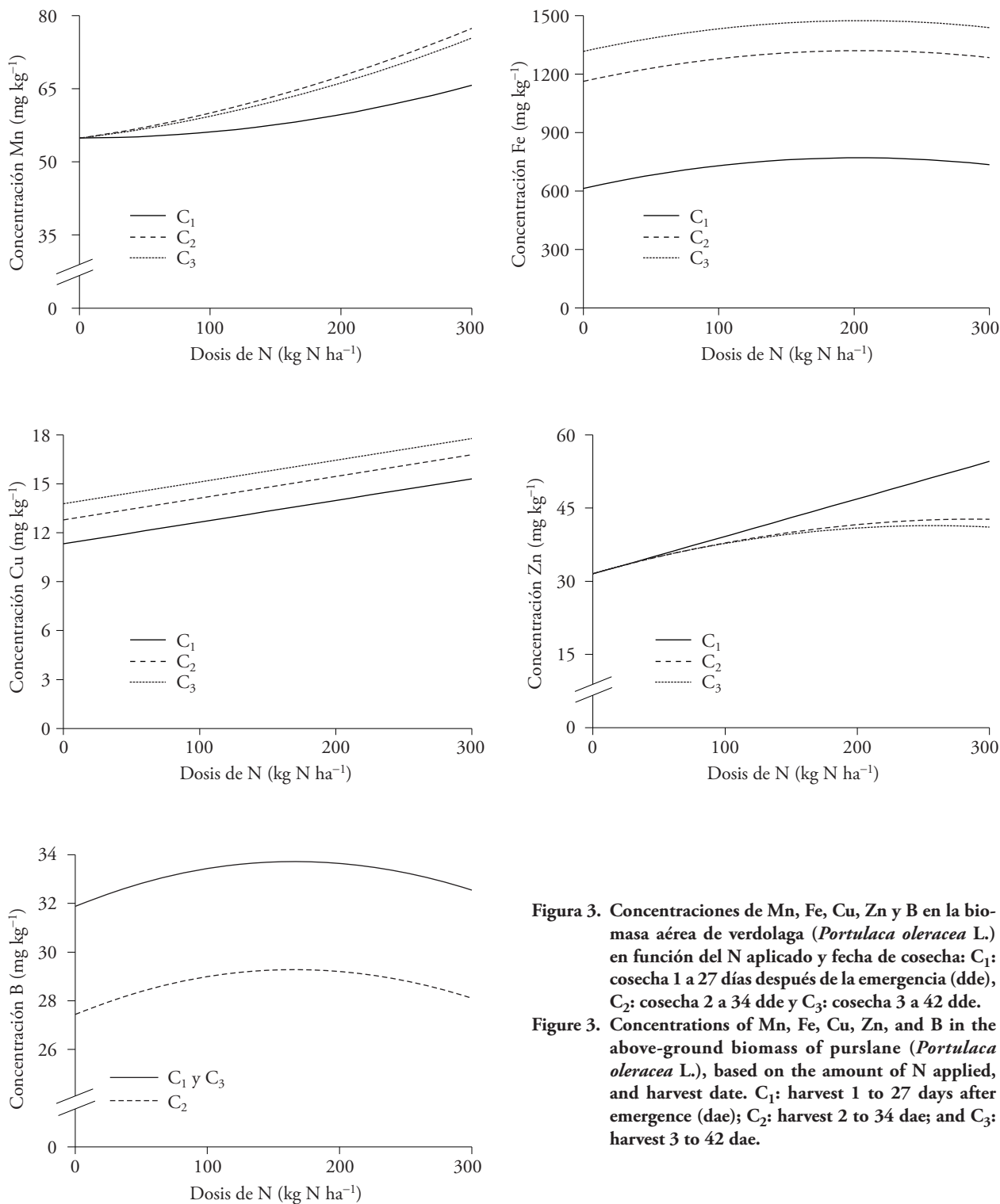


Figura 3. Concentraciones de Mn, Fe, Cu, Zn y B en la biomasa aérea de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función del N aplicado y fecha de cosecha: C₁: cosecha 1 a 27 días después de la emergencia (dde), C₂: cosecha 2 a 34 dde y C₃: cosecha 3 a 42 dde.

Figure 3. Concentrations of Mn, Fe, Cu, Zn, and B in the above-ground biomass of purslane (*Portulaca oleracea* L.), based on the amount of N applied, and harvest date. C₁: harvest 1 to 27 days after emergence (dae); C₂: harvest 2 to 34 dae; and C₃: harvest 3 to 42 dae.

La concentración de Fe incrementó en la cosecha 1, de 613.6 a 769.8 mg Fe kg⁻¹, en la biomasa aérea con 190 kg N ha⁻¹. En las cosechas 2 y 3 el incremento llegó a 549.8 y 703.2 mg Fe kg⁻¹ (Cuadro 4 y Figura 3).

El N en dosis de 300 kg N ha⁻¹ aumentó la concentración de Cu en la biomasa aérea, de 11.3 a 15.3 mg Cu kg⁻¹. Las cosechas 2 y 3 incrementaron 1.5 y 2.4 mg Cu kg⁻¹ (Cuadro 4, Figura 3).

En la biomasa aérea de la cosecha 1, 300 kg N ha⁻¹ incrementaron la concentración de Zn desde 31.5 hasta 54.6 mg Zn kg⁻¹; pero en las cosechas 2 y 3 disminuyó en 19.3 y 18.1 mg Zn kg⁻¹ (Cuadro 4, Figura 3).

Con 165 kg N ha⁻¹ la concentración de B también incrementó, de 31.9 a 33.7 mg B kg⁻¹ en la cosecha 1 y 3, pero disminuyó en la cosechas 2, en 4.4 mg B kg⁻¹ (Cuadro 4, Figura 3).

Viana *et al.* (2015) observaron 22, 188, 14, 126 y 41 mg de Mn, Fe, Cu, Zn y B por g de verdolaga de Brasil. Alam *et al.* (2015) determinaron 1.6, 1.0 y 1.4 mg de Mn, Fe y Zn por g de verdolaga proveniente de Malasia. Además, Petropoulos *et al.* (2015) observaron diferencias significativas en la concentración de Zn (2.1 a 3.3 mg kg⁻¹ PF), Fe (1.6 a 23.4 mg kg⁻¹ PF) y Mn (4.5 a 5.9 mg kg⁻¹ PF) en genotipos de verdolaga provenientes de Grecia e Irán. Kaymak (2013) observó diferencias significativas debidas a la fuente del fertilizante nitrogenado (sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea y nitrato de amonio cálcico) en B (8.9 a 9.7 mg kg⁻¹), Cu (8.3 a 11.4 mg kg⁻¹), Fe (184 a 255 mg kg⁻¹), y Zn (16 a 20 mg kg⁻¹); pero el Mn (15 mg kg⁻¹) no se modificó. En nuestro estudio se obtuvieron concentraciones inferiores a las citadas. Uddin *et al.* (2012a) reportaron incrementos de la concentración de Fe (12.2 a 14.6 mg g⁻¹) y Zn (8.4 a 10.4 mg g⁻¹) entre los 15 y 60 dds.

La recomendación de ingesta diaria para humanos es 34 a 56 g de proteína, 0.7 a 1.2 g de P, 4.5 a 4.7 g de K, 1.0 a 1.3 g de Ca, 0.30 a 0.42 g de Mg, 1.2 a 1.5 g de Na, 1.3 a 2.6 mg de Mn, 8 a 18 mg de Fe, 0.7 a 0.9 mg de Cu, 8 a 12 mg de Zn, con límite máximo de 2.3 g de Na, 10 mg de Cu, 40 mg de Zn y 17 mg de B (FNB/FNIC, 2001). Los resultados de nuestro estudio indicaron que, en dependencia de la aplicación de N, P, K y la fecha de cosecha, 5 g de verdolaga deshidratada o entre 87 y 119 g fresca pueden proveer 0.8 a 1.6 g de proteína (equivalentes

concentrations of Na among purslane genotypes from Spain, with variations ranging from 0.55 to 0.79 mg g⁻¹ FW. Lara *et al.* (2011) indicated that the concentration of Na increased under anaerobic conditions when the nutrient solution was placed in floating trays.

The concentration of Mn in the above-ground biomass increased as a result of applying N (from 54.9 to 65.7 mg Mn kg⁻¹ with 300 kg N ha⁻¹) in harvest 1; likewise, an increase was observed in harvest 2 and 3 (66.6 and 64.6 mg Mn kg⁻¹) (Table 4, Figure 3).

The concentration of Fe increased in harvest 1, from 613.6 to 769.8 mg Fe kg⁻¹, in the above-ground biomass with 190 kg N ha⁻¹. In harvest 2 and 3, the increase reached 549.8 and 703.2 mg Fe kg⁻¹ (Table 4 and Figure 3).

Doses of 300 kg N ha⁻¹ increased the concentration of Cu in the above-ground biomass, from 11.3 to 15.3 mg Cu kg⁻¹. Harvest 2 and 3 increased by 1.5 and 2.4 mg Cu kg⁻¹ (Table 4, Figure 3).

In the above-ground biomass of harvest 1, 300 kg N ha⁻¹ increased the concentration of Zn from 31.5 to 54.6 mg Zn kg⁻¹; however, in harvest 2 and 3, Zn decreased by 19.3 and 18.1 mg Zn kg⁻¹ (Table 4, Figure 3).

With 165 kg N ha⁻¹, the concentration of B also increased, from 31.9 to 33.7 mg B kg⁻¹ in harvest 1 and 3, respectively; however, the concentration decreased in harvest 2, by 4.4 mg B kg⁻¹ (Table 4, Figure 3).

Viana *et al.* (2015) observed 22, 188, 14, 126, and 41 mg of Mn, Fe, Cu, Zn, and B per g of purslane from Brazil. Alam *et al.* (2015) determined 1.6, 1.0, and 1.4 mg of Mn, Fe, and Zn per g of purslane from Malaysia. In addition, Petropoulos *et al.* (2015) observed significant differences in the concentration of Zn (2.1 to 3.3 mg kg⁻¹ FW), Fe (1.6 to 23.4 mg kg⁻¹ FW), and Mn (4.5 to 5.9 mg kg⁻¹ FW) in purslane genotypes from Greece and Iran. Kaymak (2013) observed significant differences as a result of the source of nitrogen fertilizer (ammonium sulfate, ammonium nitrate, urea, and calcium ammonium nitrate) in B (8.9 to 9.7 mg kg⁻¹), Cu (8.3 to 11.4 mg kg⁻¹), Fe (184 to 255 mg kg⁻¹), and Zn (16 to 20 mg kg⁻¹); but Mn (15 mg kg⁻¹) was not modified. Concentrations lower than those mentioned above were obtained in our study. Uddin *et al.* (2012a)

a 25 y 50 mg N g⁻¹), 19 a 23 mg de P, 36 a 77 mg de K, 41 a 49 mg de Ca, 66 a 81 mg de Mg, 10 a 20 mg de Na, 0.3 a 0.4 mg de Mn, 3.1 a 7.4 mg de Fe, 0.1 mg de Cu, 0.2 a 0.3 mg Zn y 0.1 a 0.2 mg de B. Esto indica que la verdolaga es una alternativa alimenticia, por su contenido de estos componentes.

CONCLUSIONES

La aplicación de N incrementa el contenido de agua y la concentración de N, P, S, Mn, Fe, Cu, Zn y B, y disminuye la concentración de K y Na en la biomasa aérea. La aplicación de P incrementa la concentración de P. Dosis altas de K disminuyen las concentraciones de K, Ca, Mg y Na. El contenido de N, K, Na, Mn, Fe y Cu en las cosechas más tardías son mayor y el contenido de agua, S, Ca, Mg, Zn y B disminuye.

La verdolaga es una alternativa alimenticia, por su contenido alto de N proteico, Mg, Mn y Fe, y por su contenido bajo de Na, Cu, Zn y B.

LITERATURA CITADA

- Alam, M. A., A. S. Juraimi, M. Y. Rafii, A. A. Hamid, F. Aslani, M. A. M. Zainudin, and Md. K. Uddin. 2014. Evaluation of antioxidant compounds, antioxidant activities, and mineral composition of 13 collected purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. *BioMed Res. Int.* 2014: 1-10.
- Alcántar, G. G., y M. Sandoval V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Publicación Especial No. 10. Chapingo, México. 156 p.
- Bouyoucos, G. L. 1936. Direction for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. *Soil Sci.* 42: 3.
- Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. *In*: C.A. Black (ed). *Methods of analysis. Part 2. Agronomy 9.* American Society of Agronomy. Madison, WI. pp: 891-901.
- Egea-Gilabert, C., V. Ruiz-Hernández, and P. Angeles. 2014. Characterization of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions: Suitability as ready-to-eat product. *Sci. Hortic.* 172: 73-81.
- FNB/FNIC. 2001. Dietary reference intakes (DRI) and recommended dietary allowances (RDA), dietary reference intakes: elements. Food and Nutrition Information Center. <http://www.nal.usda.gov/fnic/etext/000105.html> (Consulta: enero, 2014).
- Fontana, E., J. Hoeberechts, S. Nicola, V. Cros, G. Palmegiano, and P. Peiretti. 2006. Nitrogen concentration and nitrate/ammonium ratio affect yield and change the oxalic acid concentration and fatty acid profile of purslane (*Portulaca oleracea* L.) grown in a soilless culture system. *J. Sci. Food Agric.* 86: 2417-2424.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 96 p.

reported that the concentration of Fe (12.2 to 14.6 mg g⁻¹) and Zn (8.4 to 10.4 mg g⁻¹) increased between 15 and 60 das.

The recommended daily intake for humans is 34 to 56 g of protein, 0.7 to 1.2 g of P, 4.5 to 4.7 g of K, 1.0 to 1.3 g of Ca, 0.30 to 0.42 g of Mg, 1.2 to 1.5 g of Na, 1.3 to 2.6 mg of Mn, 8 to 18 mg of Fe, 0.7 to 0.9 mg of Cu, 8 to 12 mg of Zn, with a maximum limit of 2.3 g of Na, 10 mg of Cu, 40 mg of Zn, and 17 mg of B (FNB / FNIC, 2001). The results of this study indicate that—depending on the application of N, P, K, and the harvest date—, 5 g of dried purslane or 87 to 119 g of fresh purslane can provide 0.8 to 1.6 g of protein (equivalent to 25 and 50 mg N g⁻¹), 19 to 23 mg of P, 36 to 77 mg of K, 41 to 49 mg of Ca, 66 to 81 mg of Mg, 10 to 20 mg of Na, 0.3 to 0.4 mg of Mn, 3.1 to 7.4 mg of Fe, 0.1 mg of Cu, 0.2 to 0.3 mg of Zn, and 0.1 to 0.2 mg of B. Since it includes all these components, purslane can be considered as a nutritious alternative.

CONCLUSIONS

Applying N increases the water content and the concentration of N, P, S, Mn, Fe, Cu, Zn, and B, and decreases the concentration of K and Na in the above-ground biomass. Applying P increases the concentration of P. High doses of K decrease the concentration of K, Ca, Mg, and Na. The content of N, K, Na, Mn, Fe, and Cu in late harvests is higher, while water, S, Ca, Mg, Zn, and B content decreases. Purslane is a nutritious alternative, as a result of its high content of N protein, Mg, Mn, and Fe, and its low content of Na, Cu, Zn, and B.

—End of the English version—



- Graifenberg, A., L. Botrini, L. Giustiniani, F. Filippi, and M. Curadi. 2003. Tomato Growing in Saline Conditions with Bionodesalinating Plants: *Salsola soda* L., and *Portulaca oleracea* L. *Acta Hortic.* 609: 301-305.
- Greenwood, D. J. 1983. Quantitative theory and the control of soil fertility. *New Phytol.* 94: 1-18.
- Jackson, M. L. 1976. Análisis químico de suelos. Trad. al español por M. J. Beltran. 3a ed. Omega. Barcelona, España. 92 p.
- Karkanis, A. C., and S. A. Petropoulos. 2017. Physiological and Growth Responses of Several Genotypes of Common Purslane (*Portulaca oleracea* L.) under Mediterranean Semi-arid Conditions. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca* 45: 69-575.

- Kaymak, H. C. 2013. Effect of nitrogen forms on growth, yield and nitrate accumulation of cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Bulg. J. Agric. Sci.* 19: 444-449.
- Kiliç, C. C., Y. S. Kukul, and D. Anaç. 2008. Performance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) as a salt-removing crop. *Agric. Water Manage.* 95: 854-858.
- Lara, L., C. Egea-Gilbert, D. Niñirola, E. Conesa, and A. Fernández. 2011. Effect of aeration of the nutrient solution on the growth and quality of purslane (*Portulaca oleracea*). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 86: 603-610.
- López-Ríos, G. 1996. Domesticación de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y semidomesticación del romerillo (*Suaeda difusa* Wats.) en el sistema agrícola de chinampas de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F. *Rev. Geogr. Agríc.* 22-23: 103-112.
- Olsen, S. R., and L. A. Dean. 1965. Phosphorus. In: C. A. Black (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9.* American Society of Agronomy. Madison, WI. pp: 1035-1049.
- Petropoulos S., A. Karkanis, A. Fernandes, L. Barros, I. C. F. R. Ferreira, G. Ntatsi, K. Petrotos, C. Lykas, and E. Khah. 2015. Chemical composition and yield of six genotypes of common purslane (*Portulaca oleracea* L.): An alternative source of omega-3 fatty acids. *Plant Foods Hum. Nutr.* 70: 420-426.
- Richards, L. A. 1990. *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos.* 6a ed. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. Limusa. México, D.F. 172 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014 <https://www.gob.mx/siap/> (Consulta: enero, 2014).
- Soil Survey Staff. 2010. *Claves para la Taxonomía de Suelos,* Ortiz-Solorio, C. A, Gutiérrez-Castorena, Ma del C. (trads). Undécima Edición. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C. 374 p.
- Teixeira, M., and I. S. Carvalho. 2009. Effects of salt stress on purslane (*Portulaca oleracea*) nutrition. *Ann. Appl. Biol.* 154: 77-86.
- Uddin, M. K., S. A. Juraimi, M. E. Ali, and M. R. Ismail. 2012a. Evaluation of antioxidant properties and mineral composition of purslane (*Portulaca oleracea* L.) at different growth stages. *Int. J. Mol. Sci.* 13: 10257-10267.
- Uddin, M. K., S. A. Juraimi, F. Anwar, M. A. Hossain, and M. A. Alam. 2012b. Effect of salinity on proximate mineral composition of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Aust. J. Crop Sci.* 6: 1732-1736.
- Uddin, M. K., S. G. Sam, A. Awang, A. S. Juraimi, M. B. Jalloh, M. S. Madon, and S. M. Shamsuzzaman. 2017. Effect of water regimes on growth, total flavonoid and phenolic content of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Bangl. J. Bot.* 46: 255-262.
- Volke, H. V. 2008. *Estimación de funciones de respuesta para información de tipo no experimental, mediante regresión.* Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 113 p.