

Nitrógeno y potasio en la acumulación de biomasa en dos especies de alcatraz*

Nitrogen and potassium in biomass accumulation in two species of white Spotted Arum

Libia Iris Trejo-Téllez^{1§}, Nadia Issaí Torres-Flores¹, Olga Tejada-Sartorius², Brenda I. Trejo-Téllez², Maribel Ramírez-Martínez¹ y Fernando Carlos Gómez-Merino³

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Mpio. de Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. y Fax 01 595 951 01 98. (nadia.torres@colpos.mx; mariela@colpos.mx). ²Colegio de Postgraduados, *Campus* San Luis Potosí. Iturbide No. 73. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. C. P. 78600. Tel. 01 595 95 202 00. Ext. 1723 y 01 496 963 04 48. Ext. 4021 y 4127. (olgats@colpos.mx; brendat@colpos.mx) ³Colegio de Postgraduados *Campus* Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz, km. 348, Congr. Manuel León, Mpio. Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. México. Tel. 01 271 71 660 00. (fernandg@colpos.mx).

[§]Autora para correspondencia: tlibia@colpos.mx.

Resumen

Se evaluó el efecto de tres dosis nitrógeno (0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹) aplicadas en la fase vegetativa y tres dosis de potasio (4, 6 y 8 g planta⁻¹) aplicadas en la fase reproductiva sobre la biomasa seca por órganos (flores comerciales constituidas por espata y espádice, hojas, escapos florales y rizomas) de dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* (Hook) Baill. cv. Captain Murano y *Z. elliotiana* (Watson) Engl. cv. Solar Flare). El experimento fue conducido en invernadero utilizando como sustrato una mezcla de tezontle de 3 mm/perlita (60/40, v/v). Se observaron respuestas diferenciales a los tratamientos de fertilización entre especies. La especie *Z. albomaculata* fue más sensible a la fertilización, dado que en ésta se incrementaron de manera significativa las biomásas secas de flores comerciales y hojas con las dosis más altas de N y K suministradas. Independientemente de la dosis de K suministrada en la fase reproductiva, el mayor peso de biomasa de rizoma se registró en las plantas tratadas con la dosis baja de N en la fase vegetativa. De acuerdo con estos resultados, la fertilización con N y K por fases fenológicas influye de manera diferencial la producción de biomasa seca en el género *Zantedeschia*.

Abstract

We evaluated the effect of three nitrogen doses (0.5, 1.5 and 2.5 g plant⁻¹) applied in the vegetative phase and three doses of potassium (4, 6 and 8 g plant⁻¹) applied in the reproductive phase on dry biomass organs (commercial flower consistent of spathe and spadix, leaves, flower scapes and rhizomes) of two species of white spotted arum (*Zantedeschia albomaculata* (hook) Baill. cv. Captain Murano and *Z. elliotiana* (Watson) Engl. cv. Solar Flare). The experiment was conducted in a greenhouse using as substrate a mixture of tezontle 3 mm/perlite (60/40, v/v). Differential responses were observed in the fertilization treatments between species. The species *Z. albomaculata* was more sensitive to fertilization, given that it significantly increased the dry biomass of commercial flowers and leaves with higher doses of N and K supplied. Regardless of the dose of K provided on the reproductive phase, the largest weight of rhizome biomass was recorded in plants treated with the low dose of N in the vegetative phase. According to these results, the N and K fertilization by phenological stages differentially affect the production of dry biomass on the *Zantedeschia* gender.

Palabras clave: *Zantedeschia albomaculata*, *Zantedeschia elliotiana*, biomasa seca.

De las especies del género *Zantedeschia*, en México se cultiva principalmente *Z. aethiopica* (L) K. Spreng (alcatraz blanco), y es limitada la experiencia agronómica en el cultivo de otras especies (Cruz-Castillo *et al.*, 2008). Entre los factores que limitan la producción de *Zantedeschia* se encuentran las enfermedades bacterianas (Kunstmann *et al.*, 2006), asociada entre otros factores con la fertilización excesiva de N (Bloomz, 2004) y P (Gracia-Garza *et al.*, 2006). Por el contrario, la deficiencia nutrimental en esta especie provoca alteraciones metabólicas que se manifiestan en síntomas visuales como reducción del crecimiento y clorosis (Fernandes *et al.*, 2012). Almeida (2007) encontró que los principales nutrimentos absorbidos por la planta son el N y K, una deficiencia de éstos, afectará drásticamente el desarrollo, producción y calidad de esta especie. En este estudio se evaluaron en invernadero, nueve dosis fertilización, resultado de la aplicación de tres dosis de nitrógeno (0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹) en la fase vegetativa y de tres dosis de potasio (4, 6 y 8 g planta⁻¹) en la fase reproductiva, en la biomasa seca por órgano en dos especies de alcatraz: *Zantedeschia albomaculata* (Hook) Baill. cv. Captain Murano (espata de color rojo-naranja) y *Zantedeschia elliotiana* (Watson) Engl. cv. Solar Flare (espata de color amarillo-limón).

Cada rizoma se plantó en una bolsa de polietileno negro de 25 X 25 cm, y se usó como sustrato una mezcla de tezontle de 3 mm y perlita (60/40, v/v). Cada bolsa fue una unidad experimental y cada tratamiento tuvo diez repeticiones, mismas que fueron distribuidas completamente al azar. En las concentraciones de las soluciones nutritivas empleadas por fase fenológica sólo variaron las concentraciones de N y K (Cuadro 1). Las fuentes de N fueron Ca (NO₃)₂ 4H₂O y KNO₃; las de K fueron KNO₃, K₂SO₄ y KH₂PO₄. El volumen de solución nutritiva empleado en cada fase fenológica fue de 3 L por unidad experimental. La biomasa seca se analizó por órganos: flores (constituidas por la espata y el espádice), hojas, escapos florales y rizoma, y se determinó previo secado en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70 °C por 48 h. Con los resultados se hizo un análisis de varianza y comparaciones de medias de Tukey ($\alpha= 0.05$) con el software Statistical Analysis System (SAS, 2010).

Key words: *Zantedeschia albomaculata*, *Zantedeschia elliotiana*, dry biomass.

Of the species in the genus *Zantedeschia*, in Mexico *Z. aethiopica* (L) K. Spreng (white Arum) is grown mainly, and there is limited agricultural experience in the cultivation of other species (Cruz-Castillo *et al.*, 2008). Among the factors limiting the production of *Zantedeschia* there are bacterial diseases (Kunstmann *et al.*, 2006), among other factors associated with excessive fertilizer of N (Bloomz, 2004) and P (Gracia-Garza *et al.*, 2006). In contrast, nutritional deficiency in this species causes metabolic disturbances in visual symptoms manifested as a reduction in growth and chlorosis (Fernandes *et al.*, 2012). Almeida (2007) found that, the main nutrients are absorbed by the plant N and K, a deficiency of these that will drastically affect the development, production and quality of this species. In this study we evaluated in greenhouse, the fertilization of nine doses, resulting from the application of three nitrogen (0.5, 1.5 and 2.5 g plant⁻¹) in the vegetative phase and potassium three doses (4, 6 and 8 g plant⁻¹) in the reproductive phase in dry biomass per organ in two species of Arum: *Zantedeschia albomaculata* (Hook) Baill. cv. Captain Murano (red-orange spathe) and *Zantedeschia elliotiana* (Watson) Engl. cv. Solar Flare (yellow-lemon spathe).

Each rhizome was planted in a polythene bag black of 25 x 25 cm, and we used as a mixture of volcanic rock (tezontle) substrate of 3 mm and perlite (60/40, v/v). Each bag was an experimental unit and each treatment had ten replications, which were distributed completely at random. Concentrations in nutrient solutions used by phenological phase concentrations varied only in N and K (Table 1). The sources of N were 2Ca (NO₃)₂ 4H₂O and KNO₃, those of K were KNO₃, K₂SO₄ and KH₂PO₄. The volume of nutrient solution used in each phenological stage was 3 L per experimental unit. Dry biomass was analyzed in organs: flowers (formed by the spathe and spadix), leaves, and rhizome scapes, and were determined after drying in a forced air oven at a temperature of 70 °C for 48 h. With the results, an analysis of variance and Tukey comparisons ($\alpha= 0.05$) with Statistical Analysis System software (SAS, 2010) were made.

The highest production of dry biomass of flowers (spathe and spadix) occurred in *Z. elliotiana* regardless of fertility treatments. In *Z. albomaculata* most flowers' dry biomass had higher doses of N and K, and this treatment was

Cuadro 1. Concentraciones de las soluciones nutritivas empleadas en cada fase fenológica, en función de las variaciones en la dosis de N y K.**Table 1. Concentrations of the nutrient solutions used in each phenological stage, according on the variations in the dose of N and K.**

N en fase vegetativa (g planta ⁻¹)	N	P	S	K	Ca	Mg
	g L ⁻¹					
0.5	0.185	0.204	0.493	1.290	0.398	0.053
1.5	0.514	0.204	0.493	1.290	0.398	0.053
2.5	0.843	0.204	0.493	1.290	0.398	0.053
K en fase reproductiva (g planta ⁻¹)	N	P	S	K	Ca	Mg
	g L ⁻¹					
4	0.185	0.034	0.547	1.333	0.198	0.053
6	0.185	0.034	0.547	1.998	0.198	0.053
8	0.185	0.034	0.547	2.663	0.198	0.053

La mayor producción de biomasa seca de flores (espatas y espádice) se registró en *Z. elliotiana*, independientemente de los tratamientos de fertilización. En *Z. albomaculata* la mayor biomasa seca de flores se tuvo con las dosis más altas de N y K; este tratamiento fue estadísticamente superior al resto, con excepción del consistente en la aplicación de 1.5 y 4 g planta⁻¹ de N y K, respectivamente. En *Z. elliotiana*, por el contrario, es evidente que el incremento en la dosis de N en fase vegetativa, reduce la producción de biomasa seca de flores. En *Z. albomaculata* se observa el efecto predominante que la dosis de N aplicada en la fase vegetativa tiene en la biomasa de hojas. Por el contrario en *Z. elliotiana* no existe una tendencia en producción de biomasa seca foliar, que pueda ser relacionada con los tratamientos evaluados (Cuadro 2).

statistically superior to the rest, except for comprising the application of 1.5 to 4 g plant N-1 and K, respectively. In *Z. elliotiana*, however, it is evident that increasing the dose of N in a vegetative biomass production decreases dried flowers. In *Z. albomaculata* the predominant effect is observed that the dose of N applied in the vegetative phase is in leaf biomass. In contrast, in *Z. elliotiana* there was no trend in leaf dry biomass production, which may be related to the treatments evaluated (Table 2).

With respect to dry biomass of flower scapes in *Z. albomaculata* only statistically significant difference was observed between treatment with 0.5 and 6 g on 2.5 and 8 g of N and K, respectively. In *Z. elliotiana* it was shown that

Cuadro 2. Biomasa seca de flores y hojas por planta de alcatraz *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en fase vegetativa y potásica en fase reproductiva.**Table 2. Dry flowers and leaves biomass per plant of Arum *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano and *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, in response to nitrogen fertilization in vegetative phase and potassium in the reproductive phase.**

Fertilización por fases		Flores			Hojas	
Vegetativa	Reproductiva	(g planta ⁻¹)				
N	K	<i>Z. albomaculata</i>	<i>Z. elliotiana</i>	<i>Z. albomaculata</i>	<i>Z. elliotiana</i>	
(g planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)					
0.5	4.0	0.200 ± 0.025 bc	0.596 ± 0.015 abc	0.142 ± 0.004 e	0.739 ± 0.054 ab	
0.5	6.0	0.217 ± 0.014 bc	0.750 ± 0.058 a	0.122 ± 0.019 e	0.706 ± 0.029 b	
0.5	8.0	0.167 ± 0.029 bc	0.683 ± 0.008 ab	0.175 ± 0.027 de	0.703 ± 0.028 b	
1.5	4.0	0.283 ± 0.022 ab	0.517 ± 0.038 bcd	0.263 ± 0.019 cd	0.421 ± 0.023 c	
1.5	6.0	0.101 ± 0.003 c	0.283 ± 0.008 f	0.154 ± 0.010 e	0.742 ± 0.011 ab	
1.5	8.0	0.150 ± 0.043 bc	0.650 ± 0.025 ab	0.317 ± 0.014 bc	0.583 ± 0.014 bc	
2.5	4.0	0.070 ± 0.026 c	0.311 ± 0.019 ef	0.196 ± 0.015 de	0.729 ± 0.002 ab	
2.5	6.0	0.167 ± 0.017 bc	0.475 ± 0.038 cde	0.383 ± 0.008 ab	0.658 ± 0.053 b	
2.5	8.0	0.389 ± 0.042 a	0.356 ± 0.025 def	0.425 ± 0.021 a	0.883 ± 0.008 a	

Medias ± DE con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Respecto a la biomasa seca de escapos florales, en *Z. albomaculata* sólo se observó diferencia estadística significativa entre el tratamiento con 0.5 y 6 g el de 2.5 y 8 g de N y K, respectivamente. En *Z. elliotiana* se muestra que a medida que se incrementó la dosis de N aplicada en fase vegetativa, el peso seco de escapos florales se redujo. Las biomásas secas de rizomas de plantas de *Z. albomaculata* tratadas con 0.5 g de N por planta durante la fase vegetativa, se encuentran dentro del grupo de medias más altas, independientemente de la dosis de K suministrada durante la fase reproductiva. En esta especie la menor biomasa de rizomas fue registrada en los tratamientos 4 y 8 (correspondientes a dosis de N de 1.5 y 2.5 g planta⁻¹, respectivamente y a dosis de K de 4 y 6 g planta⁻¹, respectivamente). En *Z. elliotiana*, el menor peso de rizomas se registró en el tratamiento con 2.5 y 6 g de N y K, respectivamente por planta y las plantas tratadas con la dosis más baja de N en fase vegetativa, presentan medias clasificadas dentro del grupo estadístico superior, independientemente de la concentración de K aplicada en fase reproductiva (Cuadro 3).

increased as the N rate applied at the vegetative stage, dry weight was reduced. The dry biomass of rhizomes of *Z. albomaculata* treated with 0.5 g of N per plant during the vegetative phase are within the group of higher average, irrespective of the dose of K supplied during the reproductive phase. In this species the lowest rhizome biomass was recorded in treatments 4 and 8 (corresponding to N doses of 1.5 and 2.5 g plant⁻¹, respectively and K doses of 4 and 6 g plant⁻¹, respectively). In *Z. elliotiana*, the lower weight of rhizomes was recorded in the treatment with 2.5 and 6 g of N and K, respectively per plant and plants treated with the lower dose of N in vegetative phase, half present classified in the top statistical group, regardless of the concentration of K applied during the reproductive phase (Table 3).

Nitrogen is an essential element in vegetative growth; this effect is observed in the production of dry biomass of leaves of *Z. albomaculata* (Table 2). The nitrogen as being closely related to the vegetative growth of the plant, is an important factor for increasing the production

Cuadro 3. Biomasa seca de escapos florales y rizomas por planta de alcatraz *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, en respuesta a fertilización nitrogenada en fase vegetativa y potásica en fase reproductiva.

Table 3. Dry biomass of flower scapes and rhizomes per Arum plant *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano and *Z. elliotiana* cv. Solar Flare, in response to nitrogen fertilization in vegetative phase and potassium in the reproductive phase.

Fertilización por fases		Escapos florales		Rizomas	
Vegetativa	Reproductiva	(g planta ⁻¹)			
N	K	<i>Z. albomaculata</i>	<i>Z. elliotiana</i>	<i>Z. albomaculata</i>	<i>Z. elliotiana</i>
(g planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)				
0.5	4.0	0.750 ± 0.075 abcd	1.550 ± 0.075 a	5.567 ± 0.15 a	1.342 ± 0.138 a
0.5	6.0	0.325 ± 0.013 e	1.083 ± 0.042 abc	5.433 ± 0.033a	1.069 ± 0.042 ab
0.5	8.0	0.494 ± 0.021 de	1.490 ± 0.200 a	5.246 ± 0.090 a	1.117 ± 0.058 ab
1.5	4.0	0.722 ± 0.042 bcd	0.950 ± 0.075 bc	3.454 ± 0.210 c	0.825 ± 0.038 bc
1.5	6.0	1.017 ± 0.058 a	1.250 ± 0.008 ab	5.633 ± 0.15 a	0.931 ± 0.017 bc
1.5	8.0	0.711 ± 0.092 bcd	1.367 ± 0.033 ab	4.183 ± 0.042 bc	1.067 ± 0.033 ab
2.5	4.0	0.638 ± 0.031 cd	1.246 ± 0.110 ab	4.992 ± 0.198 ab	1.367 ± 0.017 a
2.5	6.0	0.833 ± 0.017 abc	0.746 ± 0.010 c	3.842 ± 0.055 c	0.596 ± 0.035 c
2.5	8.0	0.971 ± 0.048 ab	1.233 ± 0.017 abc	5.200 ± 0.283 a	1.422 ± 0.117 a

Medias ± DE con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

El N es un elemento fundamental en el desarrollo vegetativo, y este efecto es observado en la producción de biomasa seca de hojas de *Z. albomaculata* (Cuadro 2). El nitrógeno al estar estrechamente relacionado con el crecimiento vegetativo

of biomass of the flowers (Jan *et al.*, 2011), also evident in the species *Z. albomaculata* (Table 2). On the other hand, *Z. elliotiana* had no effect on the dose of N on dry biomass production of the leaves (Table 2), and there was an

de la planta, es factor determinante en el incremento de la producción de biomasa de flores (Jan *et al.*, 2011), evidente también en la especie *Z. albomaculata* (Cuadro 2). Por el contrario, en *Z. elliotiana* no se observó efecto de la dosis de N sobre la producción de biomasa seca de hojas (Cuadro 2), y sí una relación inversa entre la dosis de N y la producción de biomasa seca de flores (Cuadro 2) y de escapos florales (Cuadro 3). El efecto diferencial del N sobre la producción de biomasa seca, puede deberse a la variación en la duración y el periodo de mayor crecimiento entre especies e incluso cultivares de la misma especie. Si bien, Funell (1993) estableció de manera general que el género *Zantedeschia* presenta entre los 40 y 85 días después de la plantación, periodo de mayor requerimiento nutrimental al ser la fase de mayor crecimiento; indica que existen diferencias entre cultivares. Segeren (2010) reporta que *Z. alcomaculata* cv. Black Magic presenta el periodo de mayor demanda nutrimental entre los 42 y 56 ddp; y que en *Z. Spreng* cv. Chianti, híbrido de padres no documentados (Robinson *et al.*, 2000), fue entre los 42 y 70 días después de la plantación.

Para el género *Zantedeschia*, el Centro Internacional de Flores de Bulbo (IFBC, 2005) recomienda que la cantidad de potasio aplicada debe ser aproximadamente el doble que la de nitrógeno. La deficiencia de K en *Z. aethiopica*, es caracterizada por una reducción en el crecimiento y en el número de hojas, y por la disminución considerable del diámetro de los peciolos; asimismo aparecen manchas necróticas que ocasionan senescencia foliar. Con respecto a la calidad floral, los escapos florales son cortos, la espata alcanza sólo 50% de su apertura y además no toma su color característico y permanece verde. En rizomas, la deficiencia de K no ocasionó cambios (Almeida, 2007). Empero la importancia del potasio, en esta investigación no se observa un efecto concluyente de éste sobre las biomasa seca por órganos (Cuadros 2 y 3); con excepción del efecto positivo sobre el valor de la biomasa seca de flores obtenida en *Z. albomaculata*, en combinación con la dosis más alta de N (Cuadro 2). De la misma manera, otras investigaciones no reportan efectos concluyentes en K. Ramírez-Martínez *et al.* (2010) al evaluar la partición de K en tulipán, en respuesta a la relación K^+/Ca^{2+} en la solución nutritiva, no encontraron tendencia de acumulación de K que pudiera ser atribuida a los tratamientos. El efecto del K puede ser más determinante sobre variables poscosecha como lo indica Almeida (2007).

En ésta investigación, en *Z. albomaculata*, la mayor biomasa seca de flores se registró en el tratamiento consistente en las dosis más altas de N y K en fases vegetativa y reproductiva,

inverse relationship between the dose of N and dry biomass production of flowers (Table 2) and scapes (Table 3). The differential effect of N on dry biomass production may be due to the variation in length and the largest growth period between the species and even cultivars of the same species. Considering that Funell (1993) generally established that, the genus *Zantedeschia* has between 40 and 85 days after planting, the period of greatest nutritional requirement to be the fastest growing phase, indicating that there are differences between cultivars. Segeren (2010) reported that *Z. alcomaculata* cv. Black Magic presents the period of greatest nutrient demand between 42 and 56 dap, and that in *Z. Spreng* cv. Chianti, hybrid of undocumented parents (Robinson *et al.*, 2000), was between 42 and 70 days after planting.

For the genus *Zantedeschia*, the International Flower Bulb Center (IFBC, 2005) recommends that, the amount of potassium applied should be about twice that of nitrogen. K deficiency in *Z. aethiopica* is characterized by a reduction in growth and the number of leaves, and the considerable decrease in the diameter of the petiole; necrotic spots also appear, causing leaf senescence. With respect to the quality floral, the scapes are short, the spathe reaches only 50% of its opening and it does not take its color and stays green. In rhizomes, K deficiency did not cause changes at all (Almeida, 2007). However the importance of potassium in this research is not seen it conclusive regarding the effect on dry biomass per organ (Tables 2 and 3), with the exception of the positive effect on the value of the dry biomass of flowers obtained in *Z. albomaculata*, in combination with the highest dose of N (Table 2). Likewise, other research reports no conclusive effects of K. Ramírez-Martínez *et al.* (2010) evaluating K in tulip partition in response to the K^+/Ca^{2+} in the nutrient solution, they found no accumulation of K that could be attributed to the treatment. The effect of K may be more crucial for postharvest variables as indicated by Almeida (2007).

In this research, in *Z. albomaculata*, the highest dry biomass of flowers was recorded in the treatment consisting of the highest dose of N and K in vegetative and reproductive stages respectively, this treatment was statistically superior to the rest, except for comprising the application of 1.5 g plant⁻¹ of N and 4 g plant⁻¹ of K (Table 2). In this case there is a positive effect of high doses of N and K fertilization by phenological stage on the production of flowers. For both, *Z. albomaculata* and *Z. elliotiana*, the lower weight of rhizomes was recorded in

respectivamente; este tratamiento fue estadísticamente superior al resto, con excepción del consistente en la aplicación de 1.5 g planta⁻¹ de N y 4 g de K planta⁻¹ (Cuadro 2). En éste caso se observa un efecto positivo de altas dosis de fertilización con N y K por etapa fenológica sobre la producción de flores. En rizomas, tanto en *Z. albomaculata* como en *Z. elliotiana*, el menor peso de rizomas se registró en el tratamiento 8 (2.5 g de N por planta y 6 g de K por planta) y las plantas tratadas con la dosis más baja de N en fase vegetativa (Cuadro 3).

En este sentido, es importante conocer el contenido nutrimental inicial de los rizomas. Clark y Bolding (1991) caracterizaron los cambios estacionales en la concentración de nutrimentos en vástago y rizomas en *Z. elliotiana*, encontrando que el rizoma aporta cerca del 20, 43, 20, 40 y 21% de los requerimientos necesarios de N, P, K, Mg y S, respectivamente, durante la etapa vegetativa. Se concluye que *Z. albomaculata* fue más sensible a la fertilización que *Z. elliotiana*, dado que en la primera se incrementaron de manera significativa las biomásas secas de flores y hojas con las dosis más altas de N y K suministradas.

Agradecimiento

A la Línea Prioritaria de Investigación 4 Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje del Colegio de Postgraduados, por los apoyos y facilidades brindadas para la realización del presente estudio.

Literatura citada

- Almeida, E. F. A. 2007. Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: deficiência de nutrientes e adubação silicatada. Tese (Doutorado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 109 p.
- Bloomz. 2004. Guidelines for pot growers. Technical bulletin series C001/00.2004. *Zantedeschia* (Calla Lily) production. Nueva Zelanda. Callaformia Callas. 4 p.
- Clark C. J. and Bolding. H. L. 1991. Biomass and mineral nutrient partitioning in relation to seasonal growth of *Zantedeschia*. *Scientia Horticulturae* 47:125-135.
- Cruz-Castillo, J. G.; Torres-Lima, P. A.; Alfaro-Chilmalhua, M.; Albores-González, M. L. y Murguía-González, J. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz 'Green Goddess' (*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en condiciones tropicales. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2):207-212.
- Fernandes, D. K.; Paiva, D. O. P.; de Carvalho, J. G.; Resende, A. C. and de Figueiredo, M. A. 2012. Multiple nitrogen and phosphorus deficiency in *Zantedeschia*. *Ciênc. Agrotec.* 36(6):631-638.
- Funell, K. 1993. *Zantedeschia*. In: De Hertogh, A. and Le Nard, M. (Eds.). *The physiology of flower bulbs*. Amsterdam, Holland. Elsevier Science. 683- 704 pp.
- Gracia-Garza, J. A.; Blom, T. J.; Brown, W.; Roberts, D. P.; Schneider, K.; Freisen, M. and Gombert, D. 2006. Increased incidence of *Erwinia* soft-rot on Calla Lilies in the presence of phosphorous. *European J. Plant Pathol.* 110(3):293-298.
- IFBC. 2005. Growing *Zantedeschia* for pot plant production. International Flower Bulb Centre.
- Jan, M. T.; Khan, M. J.; Khan, A.; Arif, M.; Farhatullah; Jan, D.; Saeed, M. and Afridi, M. Z. 2011. Improving wheat productivity through source and timing of nitrogen fertilization. *Pak. J. Bot.* 43(2):905-914.
- Kunstmann, J. O.; Ciampi, L.; Böhm, L.; Barrera, S. y Collado, L. 2006. Determinación de especies de *Erwinia* (grupo carotovora) como agentes causales de pudrición blanda en cala (*Zantedeschia* spp.). *Agric. Téc.* 66(3):247-255.
- Ramírez-Martínez, M.; Trejo-Téllez, L. I.; Gómez-Merino, F. C. y Sánchez-García, P. 2010. La Relación K⁺/Ca²⁺ de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(2):149-156.
- Robinson, A.; Clark, C. J. and Clemens, J. 2000. Using 1H magnetic resonance imaging and complementary analytical techniques to characterize developmental changes in *Zantedeschia* Spreng. tuber. *J. Exp. Bot.* 51(353):2009-2020.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2010. SAS user's guide. Statistics. Version 9.3. SAS Inst., Cary, NC. quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Segeren F. A. 2010. Absorção de nutrientes em duas cultivares de copo-de-leite colorido (*Zantedeschia* sp.) sob fertirrigação. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) -Universidade de Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". San Paulo, Brasil. 74 p.

End of the English version

