

## Diseño de un programa de fertilización para crisantemo en base a extracción de macronutrientos\*

### Design of a fertilization program for chrysanthemum based on extraction of macronutrients

Luis A. Valdez-Aguilar<sup>1</sup>, Armando Hernández-Pérez<sup>1§</sup>, Daniela Alvarado-Camarillo<sup>1</sup> y Ángel Cruz-Altunar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Departamento de Horticultura. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila., México. (luisalonso.valdez@uaaan.mx; dalcam\_1@hotmail.com; cruzi@live.com.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: hernandez865@hotmail.com.

#### Resumen

Los estudios de extracción nutricional permiten establecer las bases para ajustar la fertilización al ciclo de cultivo, optimizándose los insumos a utilizar. En el presente estudio se modeló la extracción de macronutrientos en crisantemo. La acumulación de biomasa aumentó desde el inicio de los días cortos, con un patrón similar en la extracción de N, P, K, Ca y Mg; sin embargo, este fue mucho mayor en la etapa de floración. Al inicio de los días cortos, se presentó una mayor extracción de N y K que de P, Ca y Mg, mientras que en la etapa de floración la extracción de P, Ca y Mg aumentaron. La mayor acumulación de N y K fue en los últimos 30 días del ciclo, pero para P, Ca y Mg esta fue en los últimos 15 días. La mayor parte de los nutrientes absorbidos se acumularon en tallos y hojas, seguido por la inflorescencia y la raíz. Los requerimientos nutricionales al inicio de los días cortos fue:  $K \approx N > P > Ca \approx Mg$  mientras que en la fase de desarrollo de la inflorescencia fue:  $N \approx K > P > Ca > Mg$ . Considerando una eficiencia del 50%, 40%, 80%, 75% y 75% en el uso del N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, y una densidad de población de 69 plantas  $m^{-2}$ , la demanda total de nutrientes en crisantemo es: 40.25  $g\ m^{-2}$  N, 17.44  $g\ m^{-2}$  P, 19.2  $g\ m^{-2}$  K, 5.01  $g\ m^{-2}$  Ca y 4.4  $g\ m^{-2}$  Mg.

**Palabras clave:** agricultura sustentable, curvas de extracción, eficiencia en el uso de fertilizantes, nutrición mineral, ornamentales.

#### Abstract

Studies on nutrient extraction allow establishing the basis to adjust fertilization to crop cycle, optimizing inputs. In the present study macronutrients extraction was modeled for chrysanthemum. Biomass accumulation increased from the start of short days, with a similar pattern in the extraction of N, P, K, Ca and Mg; however, this was much higher during the flowering stage. At the start of short days, there was greater extraction of N and K than P, Ca and Mg, whereas in the flowering stage, extraction of P, Ca and Mg increased. The greatest accumulation of N and K was in the last 30 days of the cycle, but for P, Ca and Mg this was in the last 15 days. Most of the absorbed nutrients accumulated in stems and leaves, followed by inflorescence and root. The nutritional requirements at the start of short days was:  $K \approx N > P > Ca \approx Mg$  while in the development phase of inflorescence was:  $N \approx K > P > Ca > Mg$ . Considering an efficiency of 50%, 40%, 80%, 75% and 75% in the use of N, P, K, Ca and Mg, respectively, and a population density of 69 plants  $m^{-2}$ , total nutrient demand in Chrysanthemum is 40.25  $g\ m^{-2}$  N, 17.44  $g\ m^{-2}$  P, 19.2  $g\ m^{-2}$  K, 5.01  $g\ m^{-2}$  Ca and 4.4  $g\ m^{-2}$  Mg.

**Keywords:** efficient use of fertilizers, extraction curves, mineral nutrition ornamental, sustainable agriculture.

\* Recibido: abril de 2015  
Aceptado: julio de 2015

## Introducción

Las especies ornamentales tienen gran importancia en el sector agrícola mexicano debido a su alto valor y la variedad de flores de corte, follaje, y en contenedor que son comercializados tanto a nivel nacional como internacional. Según un estudio realizado por la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (2014), destacan por su valor de producción la rosa (1 480 mdp), el crisantemo (1 079 mdp), el gladiolo (824 mdp) y la flor de nochebuena (431 mdp). El crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) es la segunda flor de corte más importante de las tres principales que se cultivan a nivel internacional (Villanueva *et al.*, 2005). En el Estado de México se cultivaron 2 466.75 ha con crisantemo (SIAP, 2012) y se produjeron 8 731 240 gruesas, de cuyo total, 60% se destina al mercado interno y 40% al externo. La producción de flor de crisantemo bajo invernadero a nivel nacional registra un crecimiento promedio de 99.9% entre el 2004 y 2010, ascendiendo en este último año a 583 654 t.

En general, los floricultores en México realizan las actividades culturales de manera tradicional, ya que no cuentan con infraestructura adecuada ni con un sistema de producción eficiente que les permita reducir los costos de producción y mejorar la calidad (Cabrera y Orozco, 2003). Un problema frecuente entre los productores es que no se sigue un plan de fertilización acorde a las necesidades reales de demanda de nutrimentos por parte del cultivo a lo largo de su ciclo de producción (Quesada-Roldán y Bertsh-Hernández, 2013). En particular, uno de los problemas que enfrenta la producción de crisantemo es la disminución del rendimiento y la calidad debido a los desbalances nutrimentales que resultan de una fertilización inadecuada, principalmente entre N, P, K, Ca y Mg.

En general, los floricultores utilizan cantidades excesivas de fertilizantes de acuerdo con un programa preestablecido que se repite cada ciclo de cultivo, al igual de la aplicación de fertilizaciones foliares cada siete días, con productos en los que no se ajusta el pH del agua para la fertilización foliar (Gaytán-Acuña *et al.*, 2006), lo cual repercute en un uso excesivo de fertilizantes, baja calidad de la flor y mayor costo de producción, así como también la contaminación de suelo y mantos acuíferos.

## Introduction

Ornamental species are of great importance in Mexican agricultural sector due to its high value and cut flowers, foliage, and in container that are sold both domestically and internationally. According to a study made by Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pecuário (2014), highlight that for its production value rose (1 480 mdp), chrysanthemum (1 079 mdp), gladiolus (824 mdp) and the poinsettia (431 mdp). Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) is the second largest cut flower of the top three grown internationally (Villanueva *et al.*, 2005). In the State of Mexico 2 466.75 ha were cultivated with chrysanthemum (SIAP, 2012) and produced 8,731,240 thick, of which, 60% is for domestic market and 40% external. Chrysanthemum flower production under greenhouse nationwide recorded an average growth of 99.9% between 2004 and 2010, increasing in the last year to 583 654 t.

Overall, growers in Mexico perform cultural activities in a traditional way, since they do not count with adequate infrastructure or with an efficient production system that allows them to reduce production costs and improve quality (Cabrera and Orozco, 2003). A common problem among growers is that they do not follow a fertilization plan according to the real needs of nutrient demand by the crop throughout its production cycle (Quesada-Roldan and Bertsh-Hernandez, 2013). In particular, one of the problems facing chrysanthemum production is a decreased yield and quality due to nutrient imbalances resulting from inadequate fertilization, mainly N, P, K, Ca and Mg.

Generally, growers use excessive amounts of fertilizers in accordance with a predetermined program that repeats each crop cycle, as the application of foliar fertilization every seven days, with products in which water pH is not adjusted for foliar fertilization (Gaytán-Acuña *et al.*, 2006), which reflects in an excessive use of fertilizer, low flower quality and higher production cost, as well as soil and groundwater pollution.

A critical component like mineral nutrition is considered one of the most important factors affecting production (Quesada-Roldan and Bertsh-Hernandez, 2013) because there are

Un componente de suma importancia como la nutrición mineral está considerada como uno de los factores más importantes que afectan la producción (Quesada-Roldán y Bertsh-Hernández, 2013) ya que existen problemas con la dosificación de fertilizantes que deben aplicarse (Bugarín-Montoya *et al.*, 2002). Las tendencias actuales indican que debe tomarse en cuenta cuestiones como el impacto del uso excesivo de fertilizantes (Basheer y Agrawal, 2013; Sepat *et al.*, 2012), así como el incremento en el costo de estos y su disponibilidad en el futuro (Basheer y Agrawal, 2013; Gad y Hassan, 2013; Mehdizadeh *et al.*, 2013). Las preocupaciones ambientales, económicas y de disponibilidad han aumentado la conciencia del manejo preciso de los programas de fertilización. En el marco del concepto de manejo de nutrientes conocido como "4R" (cantidad, fuente de fertilizante, lugar de aplicación y momento de aplicación correcto), al igual que las curvas de extracción de nutrientes, son una opción para preservar la calidad del medio ambiente, mientras se mantiene la productividad (Santos, 2011).

Los estudios de absorción de nutrientes permiten establecer las bases de la fertilización de los cultivos, de tal manera que puede ser ajustada al ciclo de crecimiento, lo que a su vez permite optimizar la cantidad de fertilizante a utilizar, evitar el deterioro de los suelos y disminuir el impacto de la fertilización en el ambiente y la salud humana. El aumento en la eficiencia de los nutrientes se basa fundamentalmente en la posibilidad de aplicarlos según la demanda de la planta y la etapa fenológica (Terry, 2008), para lo cual se estudian las curvas de extracción nutrimental.

Las curvas de absorción nutrimental determinan el momento o etapa fenológica del cultivo en que un nutriente es extraído en mayor o menor cantidad, y al final del ciclo se obtiene la acumulación total del mismo. Las curvas de absorción se han empleado en muchos cultivos y abren nuevas posibilidades al productor en cuanto a la eficiencia y ahorro de fertilizantes, sin embargo, para el crisantemo no existe esta información. Por este motivo, el presente estudio estuvo encaminado a modelar la concentración y extracción de macronutrientes en diferentes etapas fenológicas del crisantemo en condiciones de cultivo sin suelo, con el objetivo de determinar con más precisión la aplicación oportuna de fertilizantes de acuerdo a la demanda de la planta.

problems with fertilizer dosage (Bugarín-Montoya *et al.*, 2002). Current trends indicate that issues such as impact of excessive use of fertilizers (Basheer and Agrawal, 2013; Sepat *et al.*, 2012) should be taken into account, as well as the increase in the cost of these and their availability in the future (Basheer and Agrawal, 2013; Gad and Hassan, 2013; Mehdizadeh *et al.*, 2013). Environmental, economic and availability concerns have increased awareness on precise management of fertilization programs. Under the nutrient management concept known as "4R" (quantity, source of fertilizer, application site and right time of application) as well as nutrient extraction curves are an option to preserve the quality of the environment, while productivity is maintained (Santos, 2011).

Nutrient absorption studies allows to establish the basis to fertilize crops, so it can be adjusted to the crop cycle, which in turn enables to optimize the amount of fertilizer to use, prevent soil degradation and lessen the impact of fertilization on the environment and human health. The increased efficiency of nutrient is mainly based on their applicability according to plant demand and phenological stage (Terry, 2008), for which nutrient extraction curves are studied.

Nutrient absorption curves determine the time or phenological stage of the crop in which a nutrient is extracted to a greater or lesser extent, and at the end of the cycle the total accumulation thereof is obtained. Absorption curves have been used in many crops and open up new possibilities to the producer in terms of efficiency and saving fertilizers, however, for chrysanthemum this information does not exist. Therefore, this study was aimed to model the concentration and extraction of macronutrients in different phenological stages of chrysanthemum under culture conditions without soil, in order to determine more precisely the timely application of fertilizers according to the demand of the plant.

## Materials and methods

This study was conducted under greenhouse conditions at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) in Buenavista, Saltillo, Coahuila. The average minimum and maximum temperature recorded during the study was 14.3 and 27.6 °C respectively.

## Materiales y métodos

El presente estudio se realizó bajo condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila. La temperatura mínima y máxima promedio que se registró durante el estudio fue de 14.3 y 27.6 °C respectivamente.

Se utilizaron esquejes enraizados de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White con tres hojas, longitud de raíz de 3 cm y longitud de tallo de 8 cm. Este cultivar pertenece al grupo de respuesta de 9 semanas a floración. Los esquejes fueron trasplantados el 28 de julio de 2012 en contenedores de polietileno negro con un volumen de 10 L. Los contenedores se llenaron con una mezcla de sustrato a base de turba ácida y perlita en una relación de 4:1 (v/v). Se plantaron tres esquejes enraizados en cada contenedor cubriendo totalmente las raíces; la distancia entre plantas fue de 10 cm y entre contenedores de 20 cm.

Para la nutrición de las plantas se empleó una solución nutritiva base con las siguientes concentraciones de macronutrientes (meq L<sup>-1</sup>): NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 14, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> = 1, K<sup>+</sup> = 8, Ca<sup>2+</sup> = 6, Mg<sup>2+</sup> = 2, misma que fue preparada con agua potable considerando sus propiedades químicas para esta formulación. El pH se ajustó a 6.1 ± 0.1 con ácido sulfúrico y la conductividad eléctrica (CE) fue de 3.1 dS m<sup>-1</sup>. Los micronutrientes se agregaron en forma de quelato-EDTA a una concentración de hierro, zinc, manganeso, y cobre de 5 ppm, 0.5 ppm, 0.01 ppm y 0.02 ppm, respectivamente. La concentración de la solución antes mencionada fue manejada en función de la CE del lixiviado del sustrato con el objetivo de mantenerla en el nivel inicial; cuando la CE del lixiviado disminuía, la concentración de la solución nutritiva se incrementaba a 25% ó 50%, y por el contrario, cuando aumentaba la CE del lixiviado, la concentración de la formulación de la solución se disminuía en la misma proporción.

El manejo del fotoperiodo se inició desde el día del trasplante, proporcionándole a la planta días largos por 25 días mediante lámparas incandescentes de 100 W encendidas de las 22:00 a las 02:00 h y colocadas a 1.5 m de altura y una separación de 1.5 m. Los días largos se interrumpieron cuando la planta alcanzó una altura de 20 cm, iniciando así los días cortos para inducción de la floración. Los días cortos se manipularon colocando un plástico de color negro por 9 semanas de las 18:00 a 8:00 h hasta finalizar el estudio.

Chrysanthemum rooted cuttings (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. White Indianapolis with three leaves, root length of 3 cm and stem length of 8 cm. This cultivar belongs to the response group 9 weeks to flowering. The cuttings were transplanted on July 28<sup>th</sup> 2012 in black polyethylene containers with a volume of 10 L. The containers are filled with a mixture of acid substrate based on peat and perlite in a ratio 4: 1 (v/v). Three rooted cuttings were planted in each container completely covering the roots; the distance between plants was 10 cm and 20 cm between containers.

For plant nutrition a nutritious stock solution with the following concentrations of macronutrients (meq L<sup>-1</sup>) were used: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 14, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> = 1, K<sup>+</sup> = 8, Ca<sup>2+</sup> = 6, Mg<sup>2+</sup> = 2, same that was prepared with tap water considering its chemical properties for this formulation. The pH was adjusted to 6.1 ± 0.1 with sulfuric acid and the electrical conductivity (EC) was 3.1 dS m<sup>-1</sup>. Micronutrients were added as chelated-EDTA at a concentration of iron, zinc, manganese and copper at 5 ppm, 0.5 ppm, 0.01 ppm and 0.02 ppm, respectively. The concentration of the aforementioned solution was handled according to EC from the leachate substrate in order to keep the initial level; when EC from the leachate decreased, the concentration of the nutrient solution was increased to 25% or 50%, and conversely, when EC from the leachate increased, the concentration of the solution formulation decreased in the same proportion.

Photoperiod management started from the transplantation day, providing to the plant long days for 25 days through 100 W incandescent lamps, lighted from 22:00 to 02:00 h and placed at 1.5 m height at a distance of 1.5 m. Long days were discontinued when the plant reached a height of 20 cm, thus initiating the short days to induce flowering. Short days were manipulated by placing a black plastic for 9 weeks from 18:00 to 8:00 h until the end of the study.

Flower harvest was performed at 80 days after transplantation, defining the cutoff when these were left to open from 3 to 4 central rings from the disc flowers. During the study period, seven destructive sampling were made, one every 14 days; for this, plants were completely removed from the container and were separated into root, stem, leaf and flower. The roots were washed with water to remove the excess of substrate. Subsequently, separated organs were placed in a drying oven at 70 °C for 72 h, recording dry matter using a digital scale.

To the root, stem-leaf and inflorescence were determined macronutrient concentration. The tissues were digested in a mixture 2:1 of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: HClO<sub>4</sub> and 2 ml of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at 30% and

La cosecha de flor se realizó a los 80 días después de trasplante, definiendo el punto de corte cuando a estas solo les faltaba por abrir de 3 a 4 anillos centrales de las flores del disco. Durante el periodo del estudio realizaron siete muestreos destructivos, uno cada 14 días; para ello las plantas se extrajeron completamente del contenedor y fueron separados en raíz, tallo, hojas y flor. Las raíces se lavaron con agua para eliminar el exceso de sustrato. Posteriormente, los órganos separados se introdujeron en un horno de secado a 70 °C por 72 h y se registró el peso de la materia seca utilizando una balanza digital.

A la raíz, tallo-hoja y la inflorescencia se les determinó la concentración de macronutrientes. Los tejidos se digitaron en una mezcla de 2:1 de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub> y 2 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% y las muestras digeridas fueron analizadas para nitrógeno (N) con el procedimiento de microKjeldahl (Bremner, 1996), mientras que la concentración de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se realizó con espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour *et al.*, 1996).

Los cálculos de la extracción de macronutrientes se realizaron considerando la materia seca y la concentración de estos en los diferentes órganos de la planta; la sumatoria de la extracción de los diferentes órganos representó la extracción total por planta. La distribución de los nutrientes en los diferentes órganos, expresada en porcentaje, se determinó a partir del contenido nutricional.

La unidad experimental fue conformada por un contenedor con tres plantas, con cuatro repeticiones en cada muestreo. Los datos de materia seca y extracción nutricional fueron utilizados para la estimación de los modelos de tres segmentos lineales con el programa SigmaPlot 12.5.

## Resultados

### Acumulación de biomasa

La mayor acumulación de biomasa de la raíz se registró a partir de los 70 y 80 días después del trasplante (ddt) con 71.2% del total de la materia seca acumulada en este órgano, en cambio, para el tallo, esta se presentó entre los 56 y 80 ddt con 85.8% de la materia seca total (Cuadro 1). La materia seca de hoja tuvo la mayor acumulación después de los 42

the digested samples were analyzed for nitrogen (N) with the procedure of microKjeldahl (Bremner, 1996), while the concentration of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) was performed using emission spectrometer inductively coupled plasma (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour *et al.*, 1996).

The calculation for macronutrient extraction was made considering dry matter and the concentration of these in the different organs of the plant; the sum of the extraction from the different organs represented total plant extraction. Nutrients distribution in different organs, expressed as a percentage, was determined from the nutritional content.

The experimental unit was formed by a container with three plants, with four replications at each sampling. Dry matter and nutrient extraction data were used to estimate the models of three linear segments with the SigmaPlot 12.5.

## Results

### Biomass accumulation

The greatest root biomass accumulation was recorded from 70 to 80 days after transplanting (ddt) with 71.2% of total dry matter accumulated in this organ, in contrast for stem, this occurred between 56 and 80 ddt with 85.8% of total dry matter (Table 1). Dry matter from leaf had the highest accumulation after 42 ddt with 95.4% of the total, while inflorescence, the greatest accumulation occurred between 70 and 80 ddt (Table 2).

Chrysanthemum cycle is divided into the following phenological phases: vegetative (corresponding to short days phase), inductive (corresponding to the start of short days until flower bud is visible) and flowering (from visible flower bud to harvest) (Figure 1). According to estimated models, the accumulation of total dry matter begins to rise little before the start of short days (after 26 ddt), but this increase is even more pronounced after mid flowering phase (66 ddt), phase corresponding to the development of the inflorescence (Figure 1).

### Nutrient extraction

Macronutrient extraction followed a similar behavior to the accumulation of total dry matter. According to estimated models, N (Figure 2) and K (Figure 3) extraction starts after

ddt con 95.4% del total, mientras que en la inflorescencia la mayor acumulación se registró entre los 70 y 80 ddt (Cuadro 2).

26 and 25 ddt, respectively, that is, near the inductive phase about to start short days, while at 58 or 63 ddt, virtually in inflorescence development, a minimum change in slope

**Cuadro 1. Acumulación de materia seca en los órganos de plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianápolis White.**

**Table 1. Dry matter accumulation in plant organs chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

Días después de trasplante	Materia seca (g planta <sup>-1</sup> )			
	Raíz	Tallo	Hoja	Flor
0	0.03	0.08	0.07	0
14	0.05	0.08	0.14	0
28	0.12	0.21	0.51	0
42	0.47	1.09	2.15	0
56	0.73	2.21	2.97	0
70	1.52	3.08	4.33	1.11
80	1.94	3.51	5.55	4.19
Total	4.86	10.26	15.72	5.3

**Cuadro 2. Programa de fertilización obtenida a partir de modelos de extracción nutricional en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianápolis White. Los cálculos fueron realizados considerando una densidad de 69 plantas por m<sup>2</sup> (12 cm x 12 cm) y una eficiencia del 50%, 40%, 80%, 75% y 75% en el uso del nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), respectivamente.**

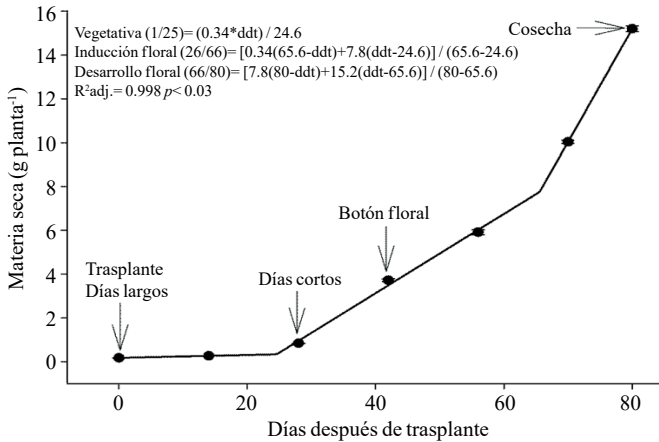
**Table 2. Program fertilization obtained from models of nutrient extraction chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White. Calculations were made considering density of 69 plants m<sup>-2</sup> (12 cm x 12 cm) and an efficiency of 50 %, 40% , 80 % , 75% and 75% by the use of nitrogen (N) , phosphorus (P) , potassium (K) , calcium (Ca) and magnesium (Mg) , respectively.**

Semana	N	P	K	Ca	Mg
	g m <sup>-2</sup>				
1	0.26	0.07	0.1	0.04	0.04
2	0.26	0.07	0.1	0.04	0.04
3	0.26	0.07	0.1	0.04	0.04
4	1.94	0.57	0.95	0.2	0.28
5	3.82	1.19	2.01	0.38	0.36
6	3.82	1.19	2.01	0.38	0.36
7	3.82	1.19	2.01	0.38	0.36
8	3.82	1.19	2.01	0.38	0.36
9	6.61	1.37	2.11	0.38	0.36
10	6.61	4.32	3.22	0.84	0.77
11	6.61	4.32	3.22	1.36	0.99
12	2.83	1.85	1.38	0.58	0.42
Total	40.25	17.44	19.2	5.01	4.4

El ciclo del crisantemo se dividió en las siguientes fases fenológicas: vegetativa (correspondiente a la fase de días cortos), inductiva (correspondiente al inicio de los días cortos hasta que el botón floral es visible), y floración (desde el botón floral visible hasta la cosecha) (Figura 1). De acuerdo a los modelos estimados, la acumulación de la materia seca

occurs, suggesting a similar absorption rate of this nutrient in both phases. Similar behavior is recorded for P (Figure 4), Ca (Figure 5) and Mg (Figure 6), but at mid inflorescence development phase (67, 68 and 67 ddt for P, Ca and Mg, respectively) a important increase occurs in the absorption rate of these nutrients.

total comienza a aumentar desde poco antes del inicio de los días cortos (después de los 26 ddt), pero este aumento es aún más marcado después de la mitad de la fase de la floración (66 ddt), fase que corresponde al desarrollo de la inflorescencia (Figura 1).

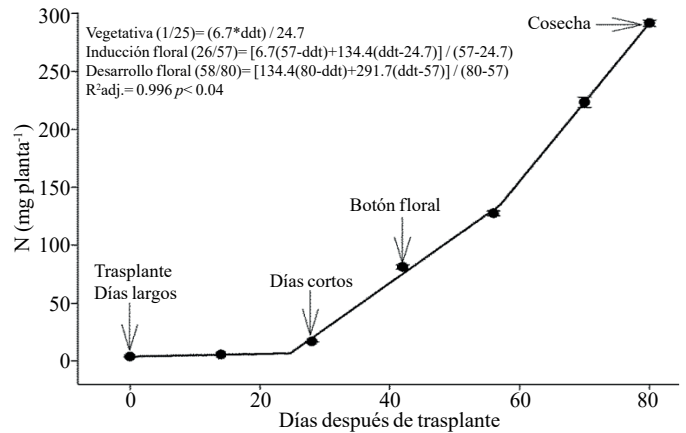


**Figura 1. Acumulación de materia seca total en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianópolis White.** Se presentan los modelos correspondientes a las tres fases fenológicas detectadas, y entre paréntesis, los días después del trasplante (ddt) que comprenden la fase respectiva. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

**Figure 1. Total dry matter accumulation in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.** Models corresponding to the three detected phenological phases present, and brackets days after transplanting (dat) comprising the respective phase. Bars indicate the standard error of the mean (n = 4).

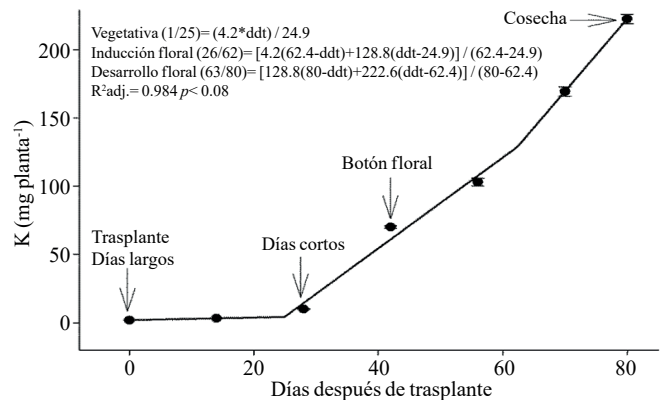
**Extracción nutricional**

La extracción de macronutrientos siguió un comportamiento similar a la acumulación de materia seca total. De acuerdo a los modelos estimados, la extracción de N (Figura 2) y K (Figura 3) se inicia después de los 26 y 25 ddt, respectivamente, es decir, cercano a la fase inductiva por inicio de los días cortos, mientras que a los 58 o 63 ddt, prácticamente en la fase de desarrollo de la inflorescencia, se presenta un cambio mínimo en la pendiente, lo que sugiere una tasa similar de absorción de estos nutrimento en ambas fases. Similar comportamiento se registra para P (Figura 4), Ca (Figura 5) y Mg (Figura 6), pero a la mitad de la fase de desarrollo de la inflorescencia (67, 68 y 67 ddt para P, Ca y Mg, respectivamente) se presenta una marcado aumento en la tasa de absorción de estos nutrimentos.



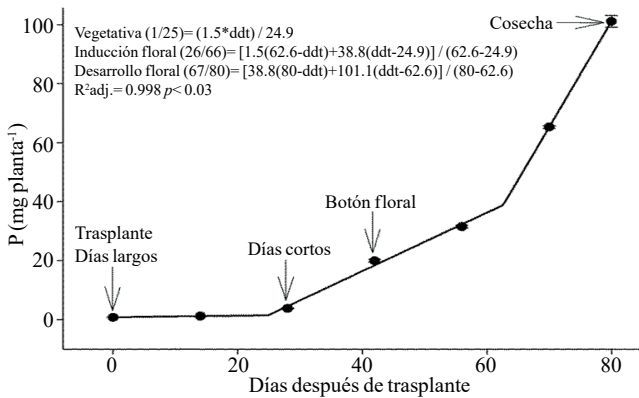
**Figura 2. Extracción de nitrógeno (N) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianópolis White.** Se presentan los modelos correspondientes a las tres fases fenológicas detectadas y entre paréntesis los días después del trasplante (ddt) que comprenden la fase respectiva. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

**Figure 2. Removing nitrogen (N) in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.** Models for the three phenological phases detected and brackets show the days after transplanting (DAT) comprising the respective phase. Bars indicate the standard error of the mean (n = 4).



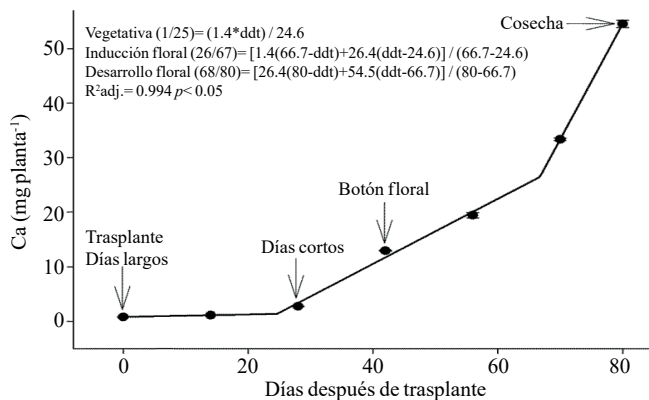
**Figura 3. Extracción de potasio (K) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianópolis White.** Se presentan los modelos correspondientes a las tres fases fenológicas detectadas y entre paréntesis los días después del trasplante (ddt) que comprenden a la fase respectiva. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

**Figure 3. Removing potassium (K) in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.** Models for the three phenological phases detected and brackets show the days after transplanting (DAT) comprising the respective phase. Bars indicate the standard error of the mean (n = 4).



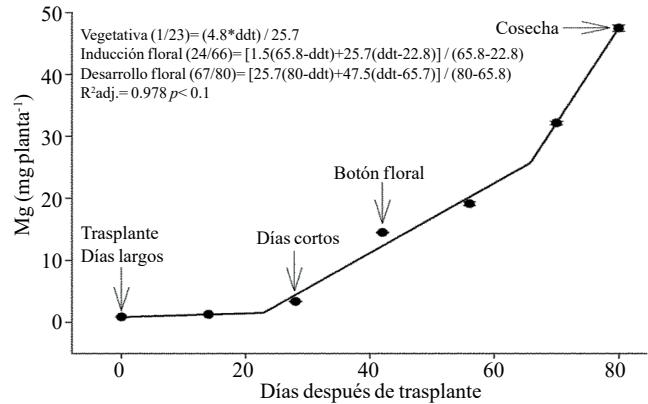
**Figura 4. Extracción de fósforo (P) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianápolis White.** Se presentan los modelos correspondientes a las tres fases fenológicas detectadas y entre paréntesis los días después del trasplante (ddt) que comprenden la fase respectiva. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

**Figure 4. Removing phosphorus (P) in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.** Models for the three phenological phases detected and brackets show the days after transplanting (DAT) comprising the respective phase. Bars indicate the standard error of the mean (n=4).



**Figura 5. Extracción de calcio (Ca) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianápolis White.** Se presentan los modelos correspondientes a las tres fases fenológicas detectadas y entre paréntesis los días después del trasplante (ddt) que comprenden a la fase respectiva. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

**Figure 5. Removing calcium (Ca) in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.** Models for the three phenological phases detected and brackets show the days after transplanting (DAT) comprising the respective phase. Bars indicate the standard error of the mean (n=4).



**Figura 6. Extracción de magnesio (Mg) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianápolis White.** Se presentan los modelos correspondientes a las tres fases fenológicas detectadas y entre paréntesis los días después del trasplante (ddt) que comprenden a la fase respectiva. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

**Figure 6. Removing magnesium (Mg) in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.** Models for the three phenological phases detected and brackets show the days after transplanting (DAT) comprising the respective phase. Bars indicate the standard error of the mean (n=4).

### Relative macronutrient extraction

The highest accumulation rate of N (Figure 7A) and K (Figure 7B) was recorded in the last 30 days of the growing season, as from the total absorbed by the plant, 66.1% and 63.6% of total N and K, respectively, was accumulated during inflorescence development. For P (Figure 7C), Ca (Figure 7D) and Mg (Figure 7E), the highest accumulation rate occurred in the last 15 days with 56.7%, 54.5% and 48.5%, respectively.

### Nutrient distribution

Most of the N absorbed during the growth cycle was mainly accumulated in stems and leaves, followed by inflorescence, while the lowest accumulation of this was in the root (Figure 8). The same effect was recorded for P; however, the accumulation of this nutrient is higher in root than in flower (Figure 9). K (Figure 10) and Ca (Figure 11) accumulated in stems and leaves, whereas in the root and flower there was no difference in the accumulation of these nutrients; Mg distribution (Figure 12) in the different organs was similar to that from N.

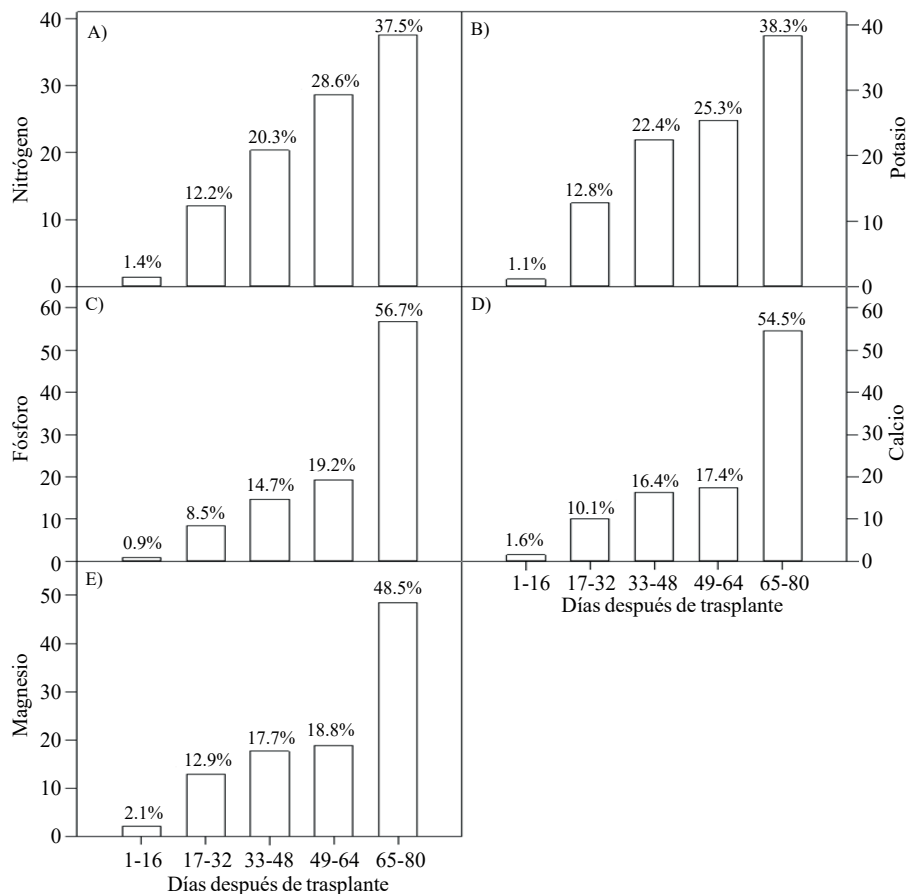


### Extracción relativa de macronutrientes

La mayor tasa de acumulación de N (Figura 7A) y K (Figura 7B) se registró en los últimos 30 días del ciclo de cultivo, ya que del total absorbido por la planta, 66.1% y 63.6% de todo el N y K, respectivamente, se acumuló durante la fase de desarrollo de la inflorescencia. En el caso del P (Figura 7C), Ca (Figura 7D) y Mg (Figura 7E), la mayor tasa de acumulación se presentó en los últimos 15 días con 56.7%, 54.5% y 48.5%, respectivamente.

### Fertilization program

Based on estimated models it is possible to determine a fertilization program according to a time interval of interest for the grower as well as an efficient use of nutrients, which is determined according to the technological level this counts with and population density. Table 2 shows fertilization program on a weekly basis, considering certain efficiency. As shown, fertilization dosage increases as growth and plant development progresses; however, the



**Figura 7. Acumulación relativa de nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y magnesio con respecto al total absorbido durante el ciclo del cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

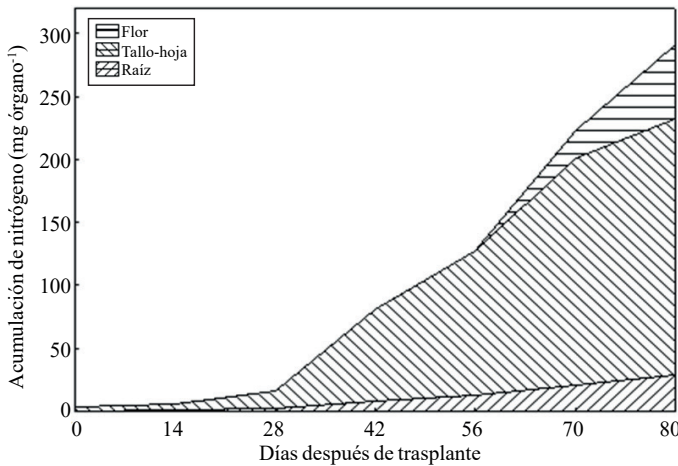
**Figure 7. Relative accumulation of nitrogen, potassium, phosphorus, calcium and magnesium to the total absorbed during the growing season of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

### Distribución nutrimental

La mayor parte del N absorbido durante el ciclo de crecimiento se acumuló principalmente en los tallos y hojas, seguido por la inflorescencia, mientras que la menor acumulación de este se presentó en la raíz (Figura 8). Este mismo efecto se registra para P, sin embargo, la acumulación

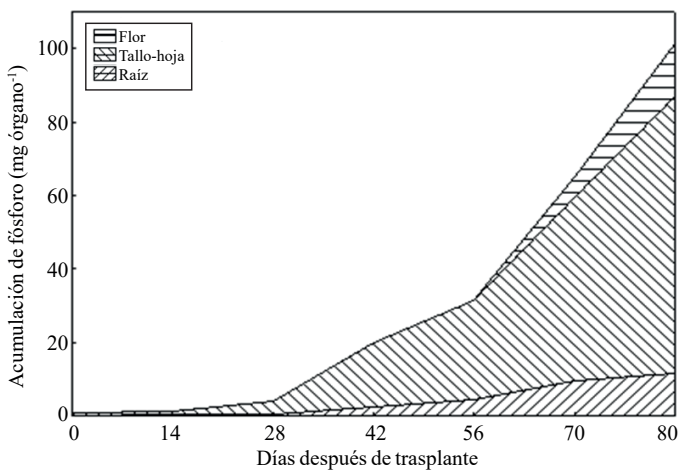
first three weeks after transplantation, the amount to be supplied is held constant, while at week 9, 10 and 11, is when the highest amount of N and K is applied, while at weeks 10, 11 and 12 a higher amount of P, Ca and Mg (Table 2) must be applied. Considering a population density of 69 plants m<sup>-2</sup>, total nutrient demand in chrysanthemum was 40.25 g m<sup>-2</sup> N, 17.44 g m<sup>-2</sup> P, 19.29 g m<sup>-2</sup> K, 5.01 g m<sup>-2</sup> Ca and 4.4 g m<sup>-2</sup> Mg.

de este nutriente es mayor en la raíz que en la flor (Figura 9). El K (Figura 10) y Ca (Figura 11) se acumularon más en los tallos y hojas, mientras en la raíz y flor se no observa una diferencia en la acumulación de estos nutrientes; la distribución de Mg (Figura 12) en los diferentes órganos fue similar que la de N.



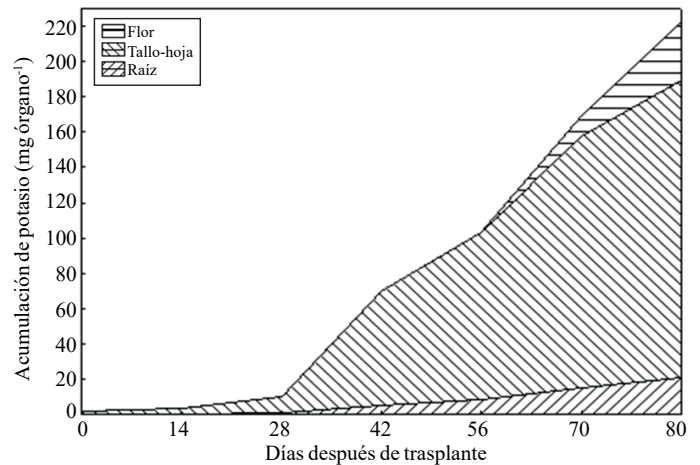
**Figura 8. Acumulación de nitrógeno en los órganos de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

**Figure 8. Accumulation of nitrogen in plant organs chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**



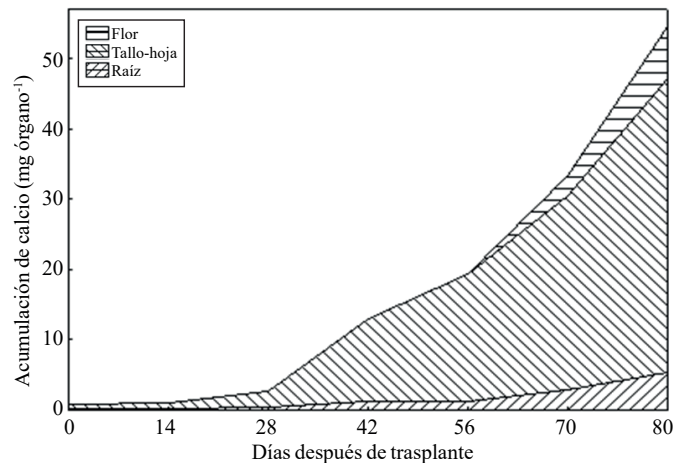
**Figura 9. Acumulación y distribución de fósforo en los órganos de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

**Figure 9. Phosphorus accumulation and distribution in plant organs chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**



**Figura 10. Acumulación y distribución de potasio en los órganos de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

**Figure 10. Accumulation and distribution of potassium in the plant organs chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

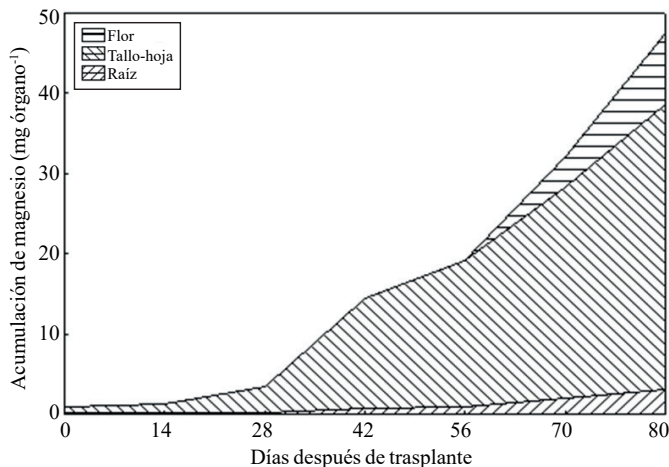


**Figura 11. Acumulación y distribución de calcio en los órganos de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

**Figure 11. Calcium accumulation and distribution in plant organs chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

## Discussion

In chrysanthemum, biomass accumulation increased substantially from the floral induction phase just when the application of short photoperiod starts, which was



**Figura 12. Acumulación y distribución de magnesio en los órganos de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

**Figure 12. Accumulation and distribution of magnesium in the plant organs chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. Indianapolis White.**

### Programa de fertilización

Basándose en los modelos estimados es posible determinar un programa de fertilización de acuerdo al intervalo de tiempo de interés para el floricultor así como la eficiencia en el uso de los nutrientes, el cual se determina de acuerdo al nivel tecnológico con que se cuente, y la densidad de población. En el Cuadro 2 por ejemplo, se presenta un programa de fertilización en base semanal considerando una eficiencia determinada. Como se observa, la dosis de fertilización aumenta conforme avanza el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo, las primeras tres semanas después de trasplante la cantidad a suministrar se mantiene constante, en tanto que en las semanas 9, 10 y 11 es cuando se aplica la mayor cantidad de N y K, mientras que en las semanas 10, 11 y 12 se debe aplicar la mayor cantidad de P, Ca y Mg (Cuadro 2). Considerando una densidad de población de 69 plantas m<sup>-2</sup>, la demanda total de nutrientes en crisantemos fue de 40.25 g m<sup>-2</sup>N, 17.44 g m<sup>-2</sup>P, 19.29 g m<sup>-2</sup>K, 5.01 g m<sup>-2</sup>Ca y 4.4 g m<sup>-2</sup>Mg.

### Discusión

En crisantemo, la acumulación de biomasa aumentó de manera sustancial a partir de la fase de inducción floral justo cuando inicia la aplicación del fotoperiodo corto, lo cual

mainly associated with high formation of leaves and stem elongation, as well as the eventual appearance of flower bud, about two weeks later and its development. These results agree with those reported by Pineda-Pineda *et al.* (2008) in red raspberry (*Rubus idaeus* L.) since this species presented the highest accumulation of dry matter in budding, flowering and fruiting. A further increase in the accumulation rate of biomass was present, according to models, 14 days before harvest, when chrysanthemum is developing inflorescence.

N, P, K, Ca and Mg extraction followed a very similar pattern to biomass accumulation matching with that reported by Liu *et al.* (2009) who indicate that the increase in dry matter accumulation is linearly proportional to absorption and accumulation of these nutrients in chrysanthemum. Between induction stage and start of inflorescence development a very marked increase in N and K extraction was present, which was between 26 and 57 ddt for N and 26 and 62 ddt for K; however, during inflorescence growth phase, another increase in the extraction rate of these nutrients was present, though not as pronounced as other nutrients. High demand of N in the induction stage may be due to this nutrient is the main constituent of fixing proteins from CO<sub>2</sub> and chlorophyll, required for the formation of new leaves, while K plays an important role in the turgidity and cell expansion (Marschner, 2012).

P, Ca and Mg extraction also increased between the stages of induction and growth initiation of inflorescence, which were between 26 to 66, 26 to 67 and 24 to 66 ddt, respectively. However, the increase in the extraction rate in the last 15 days before harvest was much more important for P, Ca and Mg compared to that observed for N and K. This suggests that N and K extraction begins from early stages, so their application must start along with the long photoperiod and decrease it slightly after 66-67 ddt; the application of P, Ca and Mg should also start at the same time when long photoperiod is applied but must continue during inflorescence growth.

The increase in P extraction before harvest may be due to their involvement in the synthesis of anthocyanins and other pigments, according to Anuradha *et al.* (1990), the increased supply of P produces greater color intensity to inflorescence in marigold (*Tagetes erecta* L.), as well as a higher rate of cell division by the rapid growth during the short time period, thus it has been shown that the decrease of P limits the number of cell divisions (Chiera *et al.*, 2002). Mg is also part of some pigments in flowers of *Salvia patens* (Takeda *et al.*, 1994)

estuvo asociado principalmente con una alta formación de hojas y alargamiento del tallo, así como con la eventual aparición del botón floral, aproximadamente dos semanas más tarde, y su desarrollo. Estos resultados coinciden con lo reportado por Pineda-Pineda *et al.* (2008) en plantas de frambueso rojo (*Rubus idaeus* L.) ya que en esta especie se presentó la mayor acumulación de materia seca en etapas de brotación, floración y fructificación. Un posterior aumento en la velocidad de acumulación de biomasa se presentó, de acuerdo a los modelos, 14 días antes de la cosecha, cuando el crisantemo está desarrollando la inflorescencia.

La extracción de N, P, K, Ca y Mg siguió un patrón muy similar a la acumulación de biomasa, coincidiendo con lo reportado por Liu *et al.* (2009) quienes indican que el aumento en la acumulación de materia seca es linealmente proporcional a la absorción y acumulación de estos nutrimentos en crisantemo. Entre las etapas de inducción y el inicio del crecimiento de la inflorescencia se presentó un aumento muy marcado en la extracción de N y K, la cual estuvo comprendida entre los 26 y 57 ddt para N y los 26 y 62 ddt para K; sin embargo, durante la etapa de crecimiento de la inflorescencia se presentó otro aumento en la tasa de extracción de estos nutrimentos, aunque no tan acentuado como el de otros nutrimentos. La fuerte demanda de N en la etapa de inducción puede deberse a que este nutrimento es el principal constituyente de las proteínas fijadoras del CO<sub>2</sub> y la clorofila, requeridos para la formación de nuevas hojas, mientras que el K juega un papel importante en la turgencia y expansión celular (Marschner, 2012).

La extracción de P, Ca y Mg también se elevó entre las etapas de inducción y el inicio del crecimiento de la inflorescencia, las cuales estuvieron comprendidas entre los 26 a 66, 26 a 67 y 24 a 66 ddt, respectivamente. Sin embargo, el aumento en la tasa de extracción en los últimos 15 días antes de la cosecha fue mucho más importante para P, Ca y Mg en comparación con lo observado para N y K. Lo anterior sugiere que la extracción de N y K inicia desde etapas más tempranas, por lo que su aplicación debe iniciar junto con el fotoperiodo largo e ir disminuyendo ligeramente después de los 66 a 67 ddt; la aplicación de P, Ca y Mg también debe iniciar al momento de aplicar el fotoperiodo largo pero debe continuar durante el crecimiento de la inflorescencia.

El aumento de la extracción de P antes de la cosecha puede deberse a su participación en la síntesis de antocianinas y otros pigmentos, pues de acuerdo con Anuradha *et al.* (1990),

and increases the accumulation of anthocyanins in aster (*Aster ericoid*) (Shaked-Sachray *et al.*, 2002). Furthermore, Ca is very important during inflorescence growth before harvesting since it has been reported that this regulates cell growth and development (Tuteja and Mahajan, 2007) as well as in the formation of new cell walls in meristematic tissues in a very active stage of cell division to complete flowering.

N, P, K, Ca and Mg were mainly accumulated in the aerial parts (stem-leaf) in an average of 81.5%, in the inflorescence 9.3%, and 9.2% in root. In red raspberry, leaf was the organ that accumulated the largest amount of macronutrients, followed by root, stem, fruit and flower (Pineda-Pineda *et al.*, 2008).

Generally, in fertilization programs it is indicated that the highest supply of nutrients should be applied in deep fertilization while the last provision must be applied at the beginning of flowering (ICAMEX, 2003). However, according to our results, in the vegetative phase (1 to 25 ddt) chrysanthemum has a minimum nutrient requirements, so it is unnecessary deep fertilization with high amounts, except for P when applied in the form superphosphate.

In the inductive phase (approximately 26 to 66 ddt) the nutritional requirements increase but demand is even higher during flowering stage (about 67 to 80 ddt), since a greater amount of N and K has to be applied in the last 30 days of the crop cycle, as in this stage it is extracted 66% and 64% from the total extracted throughout the growth cycle. For P, Ca and Mg, requires a higher fertilization in the last 15 days, as in this stage 57% of P, 55% of Ca and 49% of Mg is extracted. During the first 3 weeks after transplantation, nutrient demand remains constant, but at the end of the cycle was the requirements needs order is: N > K > P > Ca ≈ Mg; however, at the beginning of the induction phase the requirements were: N ≈ K > Mg ≈ P > Ca, while at the beginning of floral development was: K ≈ N > P > Ca ≈ Mg and at the middle of inflorescence development was: N ≈ K > P > Ca > Mg.

In technical guides to grow chrysanthemum under greenhouse it is suggested a fertilization programs that includes the application of 300 kg ha<sup>-1</sup> of triple calcium superphosphate before land preparation, while two weeks after transplantation recommends applying 180 kg ha<sup>-1</sup> of phosphonitrate (ICAMEX, 2003). Six weeks after transplantation, it is recommended to apply 180 kg ha<sup>-1</sup> phosphonitrate, plus 90 kg ha<sup>-1</sup> triple calcium superphosphate and 110 kg ha<sup>-1</sup> of potassium nitrate, repeating this formulation every two weeks until the

el incremento en el suministro de P produce una mayor intensidad del color de la inflorescencia en cempasúchil (*Tagetes erecta* L.), así como a una mayor tasa de división celular por el rápido crecimiento en un periodo de tiempo corto, pues se ha demostrado que la disminución de P limita el número de divisiones celulares (Chiera *et al.*, 2002). El Mg también forma parte de algunos pigmentos en flores de *Salvia patens* (Takeda *et al.*, 1994) y aumenta la acumulación de antocianinas en aster (*Aster ericoides*) (Shaked-Sachray *et al.*, 2002). Por otra parte, el Ca es muy importante durante la fase de crecimiento de la inflorescencia antes de la cosecha ya que se ha reportado que este regula el crecimiento y desarrollo de las células (Tuteja y Mahajan, 2007), así como en la formación de las nuevas paredes celulares en los tejidos meristemáticos en una etapa de división celular muy activa para completar la floración.

El N, P, K, Ca y Mg se acumularon principalmente en la parte aérea (tallo-hoja) en un promedio de 81.5%, en la inflorescencia 9.3%, mientras que en la raíz 9.2%. En frambueso rojo, la hoja fue el órgano que acumuló mayor cantidad de los macronutrientes, seguido por la raíz, tallo, fruto y flor (Pineda-Pineda *et al.*, 2008).

Generalmente, en los programas de fertilización se indica que el mayor suministro de nutrientes deben ser aplicados en la fertilización de fondo en tanto que el último suministro debe aplicarse al inicio la floración (ICAMEX, 2003). Sin embargo, en concordancia con nuestros resultados, en la fase vegetativa (1 a 25 ddt) el crisantemo tiene un requerimiento mínimo de nutrientes, por lo que es innecesario la fertilización de fondo con elevadas cantidades, a excepción del P cuando se aplica en forma de superfosfato.

En la fase inductiva (26 a 66 ddt aproximadamente) aumentan los requerimientos nutrimentales pero la demanda es aún más elevada en la fase de floración (67 a 80 ddt aproximadamente), ya que debe de aplicarse una mayor cantidad de N y K en los últimos 30 días del ciclo del cultivo pues en esta fase se extrae 66% y 64% del total extraído en todo el ciclo de crecimiento. Para el caso de P, Ca y Mg, se requiere una fertilización mayor en los últimos 15 días pues en esta etapa se extrae 57% del P, 55% del Ca y 49% del Mg. Durante las primeras 3 semanas después de trasplante, la demanda de nutrientes se mantiene constante, pero al final del ciclo el orden de requerimientos fue:  $N > K > P > Ca \approx Mg$ ; sin embargo, al iniciar la fase de inducción los

beginning of flowering (ICAMEX, 2003). Transforming these units, it gives a NPK formulation of 363-134-185 + 92 Ca; under the assumption that this fertilization dose is applied only in the useful area (avoiding to apply the fertilizer in the corridors of the growing beds), compared to the formulation obtained in this study, it would be applying in excess 50 % N, 28% P, 61% K and 206% Ca.

## Conclusions

According to the estimated models, during floral induction, biomass production increases, but this increase is more marked during the flowering stage. This same trend was recorded for N, P, K, Ca and Mg extraction; however, the highest accumulation rate of N and K was in the last 30 days, but for P, Ca and Mg it occurred in the last 15 days. Considering an efficiency of 50%, 40%, 80%, 75% and 75% in the use of N, P, K, Ca and Mg, respectively, and a population density of 69 plants  $m^{-2}$ , the total demand of nutrients in *Chrysanthemum* is 40.25  $g\ m^{-2}$  of N, 17.44  $g\ m^{-2}$  P, 19.2  $g\ m^{-2}$  K, 5.01  $g\ m^{-2}$  of Ca and 4.4  $g\ m^{-2}$  of Mg.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Anuradha, K.; Pampapathy, K. and Narayana, N. 1990. Effect of nitrogen and phosphorus on flowering, yield and quality of marigold. India. *Ind. J. Hortic.* 47(3):353-357.
- Basheer, M. and Agrawal, O. P. 2013. Research article effect of vermicompost on the growth and productivity of tomato plant (*Solanum lycopersicum*) under field conditions. India. *International J. Recent Sci. Res.* 3(4):247-249.
- Bugarín-Montoya, R.; Galvis, A.; Sánchez, P. y García, D. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. México. *Terra Latinoam.* 4(20):391-399.
- Cabrera, R. J. y Orozco, M. R. 2003. Diagnóstico sobre las plantas ornamentales en el estado de Morelos. SAGARPA-INIFAP-CIRCE C.E. Zacatepec, Morelos, México. 38:26.
- Chiera, J.; Thomas, J. and Ruffy, T. 2002. Leaf initiation and development in soybean under phosphorus stress. *Inglaterra. J. Exp. Bot.* 53(368):473-481.
- Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND). 2014. Panorama de Ornamentales. 2 p.
- Gad, N. and Hassan, N. M. 2013. Role of cobalt and organic fertilizers amendments on tomato production in the newly reclaimed soil. Egipto. *World Appl. Sci. J.* 10(22):1527-1533.

requerimientos fueron:  $N \approx K > Mg \approx P > Ca$ , mientras que al inicio de la fase de desarrollo floral fue:  $K \approx N > P > Ca \approx Mg$  y a la mitad de la fase de desarrollo de la inflorescencia fue:  $N \approx K > P > Ca > Mg$ .

En guías técnicas para el cultivo de crisantemo bajo invernadero se sugieren programas de fertilización que incluye la aplicación de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato de calco triple antes de preparar el suelo, mientras que dos semanas después del trasplante recomiendan aplicar  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de fosfonitrato (ICAMEX, 2003). Seis semanas después del trasplante, se recomienda aplicar  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de fosfonitrato más  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato de calcio triple y  $110 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrato de potasio, repitiendo esta formulación cada dos semanas hasta el inicio de la floración (ICAMEX, 2003). Transformando estas unidades, resulta una formulación de N-P-K de 363-134-185+92 Ca; bajo el supuesto de que esta dosis de fertilización se aplica solo en el área útil del terreno (evitando aplicar el fertilizante en los pasillos de las camas de cultivo), en comparación con la formulación obtenida en el presente estudio, se estaría aplicando en exceso 50% de N, 28% de P, 61% de K y 206% de Ca.

## Conclusiones

De acuerdo con los modelos estimados, en la etapa de inducción floral se incrementa la producción de biomasa, pero este aumento es más marcado en la fase de floración. Esta misma tendencia se registra para la extracción de N, P, K, Ca y Mg; sin embargo, la mayor tasa de acumulación de N y K fue en los últimos 30 días, pero para P, Ca y Mg se presenta en los últimos 15 días. Considerando una eficiencia de 50%, 40%, 80%, 75% y 75% en el uso del N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, y una densidad de población de  $69 \text{ plantas m}^{-2}$ , la demanda total de nutrimentos en crisantemo es:  $40.25 \text{ g m}^{-2}$  de N,  $17.44 \text{ g m}^{-2}$  de P,  $19.2 \text{ g m}^{-2}$  de K,  $5.01 \text{ g m}^{-2}$  de Ca y  $4.4 \text{ g m}^{-2}$  de Mg.

- Gaytán-Acuña, E.; Ochoa, D. L.; García, R.; Zavaleta, E. y Mora, G. 2006. Producción y calidad comercial de flor de crisantemo. México. Terra Latinoam. 4(24):541-548.
- ICAMEX (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México). 2003. Guía para cultivar flor de crisantemo en invernadero. Metepec, México. 14446:10.
- Liu, D.; Guo, L.; Zhu, D.; Liu, W. and Jin, H. 2009. Characteristics of accumulation and distribution of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in *Chrysanthemum morifolium*. China. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 34(19):2444-2448.
- Marschner, P. 2012. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. 3<sup>rd</sup> edition. London, UK. 684 p.
- Pineda-Pineda, J.; Avitia-García, E.; Castillo-González, A. M.; Corona-Torres, T.; Valdez-Aguilar, L. A. y Gómez-Hernández, J. 2008. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. México. Terra Latinoam. 26(4):333-340.
- Mehdizadeh, M.; Darbandi, E. I.; Naseri-Rad, H. and Tobeh, A. 2013. Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by different organic fertilizers. Iran. Int. J. Agron. Plant Prod. 4(4):734-738.
- Quesada-Roldán, G. y Bertsh-Hernández, F. 2013. Obtención de la curva de extracción nutricional del híbrido de tomate FB-17. México. Terra Latinoam. 1(31):1-7.
- Shaked-Sachray, L.; Weiss, D.; Reuveni, M.; Nissim-Levi, A. and Oren-Shamir, M. 2002. Increased anthocyanin accumulation in aster flowers at elevated temperatures due to magnesium treatment. Reino Unido. Physiologia Plantarum. 114(4):559-565.
- Santos, B. M. 2011. Selecting the right nutrient rate: Basis for managing fertilization programs. USA. Hort Technol. 6(21): 683-685.
- Sepat, N. K.; Kumar, A.; Yadav, J. and Srivastava, R. B. 2012. Effect of integrated nutrient management on growth, yield and quality of tomato in trans Himalayan. India. Ann. Plant Soil Res. 2(14):120-123.
- SIAP (Servicio de Información de Agroalimentaria y Pesquero) 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. (consultado marzo, 2015).
- Takeda, K.; Yanagisawa, M.; Kifune, T.; Kinoshita, T. and Timberlake, C. F. 1994. A blue pigment complex in flowers of *Salvia patens*. USA y Europa. Phytochemistry. 35(5):1167-1169.
- Terry, L. R. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turkia. J. Agric. Fores. 3(32):177-182.
- Tuteja, N. and Mahajan, S. 2007. Calcium signaling network in plants. Inglaterra. Plant Signal Behav. 2(2):79-85.
- Villanueva, C. E.; Sánchez, M. A.; Cristóbal, A. J.; Ruiz, E. y Tun, J. M. 2005. Diagnóstico y alternativas de manejo químico del tizón foliar (*Alternaria chrysanthemum* Simmons y Crosier) del Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) Kitamura en Yucatán, México. México. Rev. Mex. Fitopatol. 1(23):49-56.