



Universidad Autónoma Chapingo

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
POSGRADO EN HORTICULTURA**



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**RELACIONES DE POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO EN EL
CRECIMIENTO Y ABASTECIMIENTO NUTRIMENTAL DE
CRISANTEMO TIPO ANEMONA**

[*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura]

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

FITOTECNIA

PRESENTA:

FRANZ RICARDO GIL VELÁSQUEZ

Chapingo, México, abril de 2003.



**RELACIONES DE POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO
EN EL CRECIMIENTO Y ABASTECIMIENTO NUTRIMENTAL DE
CRISANTEMO TIPO ANÉMONA
[*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura]**

Tesis realizada por **FRANZ RICARDO GIL VELÁSQUEZ** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Director:



Dra. María Edna Álvarez Sánchez

Asesor:



Dra. Ana María Castillo González

Asesor:



Dra. María Teresa Colinas León

DEDICATORIA

A mis padres: **Jerónimo y Bertha**, quienes me han apoyado en todo momento y siempre me han brindado el mejor ejemplo para surgir en la vida y atravesar los obstáculos y barreras que esta muchas veces quiere imponernos.

A **Cecilia**, que siempre ha estado cerca dándome ánimo y rezando una oración para que Dios me lleve por el buen camino y apoyándome en todo momento.

A **Luce**, quien me ha entregado su corazón y ha sabido comprenderme y darme su apoyo para que podamos salir adelante y brindarnos lo mejor en la vida.

A **mis hermanos y sobrinos** por su comprensión y apoyo para que yo pudiera venir a estas tierras lejanas a aprender algo mas en la vida.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1. Generalidades.....	3
1.1. Superficie cultivada con flores en México.....	3
1.2. Origen del crisantemo.....	4
2. Manejo del cultivo.....	4
2.1. Preparación del suelo.....	5
2.2. Plantación.....	6
2.3. Densidad de plantación.....	6
2.4. Luz.....	6
2.5. Soporte.....	7
2.6. Pinchado o despunte.....	7
2.7. Desbotonado.....	7
2.8. Corte.....	8
2.9. Reguladores del crecimiento en el cultivo de crisantemo.....	8
2.9.1. Aumento de la longitud de tallo.....	8
2.9.2. Reducción de la longitud del pedúnculo de los crisantemos.....	8

2.9.3. Aumento de la longitud del pedúnculo de los crisantemos.....	8
2.9.4. Inicio de la raíz.....	9
2.10. Uso consuntivo en las plantas.....	9
2.10.1. Método para estimar el uso consuntivo.....	11
2.10.1.1. Método del evapotranspirómetro.....	11
3. Funciones fisiológicas de nutrimentos.....	11
3.1. Potasio (K).....	11
3.2. Calcio (Ca).....	13
3.3. Magnesio (Mg).....	15
4. Comparación de elementos entre plantas sanas y deficientes.....	17
5. Métodos de diagnostico nutrimental.....	19
5.1. Análisis de planta.....	19
6. Solución nutritiva.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
1. Ubicación de la investigación.....	22
2. Material vegetal.....	22
3. Sistema de cultivo.....	22
3.1. Sistema de fertirrigación.....	22
3.2. Sustrato.....	23
3.3. Contenedores.....	26

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**), por haber financiado esta investigación, la cual forma parte del proyecto “Nutrición y producción de especies ornamentales en condiciones de fertirrigación” (clave: 35345-B), llevado a cabo bajo la responsabilidad de la Dra. Ma. Edna Álvarez Sánchez y con la colaboración de la Dra. Ma. Teresa Colinas León.

A la Dra. Ma. Edna Álvarez Sánchez, por su acertada dirección para llevar a buen termino este proyecto de investigación.

A la Dra. Ana María Castillo González, por sus enseñanzas a través del tiempo de estancia en la Maestría y aportaciones para la ejecución del proyecto.

A la Dra. María Teresa Colinas León, por sus valiosas aportaciones y comentarios.

Al Dr. Ranferi Maldonado Torres, por el tiempo dedicado y por los conocimientos vertidos en este proyecto.

Al M. en C. Miguel Uribe Gómez, por su apoyo, disposición y colaboración en la fase de campo de este proyecto.

Al M. en C. José Guadalupe Ruiz Salazar, por su asesoría y colaboración en el establecimiento de la fase de campo.

A la M. en C. María del Carmen Sánchez Gálvez, por su colaboración en las temáticas pertinentes de plagas y enfermedades del cultivo de crisantemo.

Al Dr. Mateo Vargas Hernández, por su colaboración en los análisis estadísticos del proyecto.

Al Dr. Edilberto Avitia García, por su colaboración y asesoría para desarrollar la técnica de microtecnia.

A la Biol. Angélica Marín Campos, por su colaboración en los análisis vegetales.

A los compañeros de Maestría generación 2001-2002 y compañeros extranjeros, por su colaboración en la construcción del invernadero donde se ejecutó la fase de campo del proyecto.

DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR

El Ing. Franz Ricardo Gil Velásquez nació en Tunja, Boyacá, Colombia en 1969. Llevó a cabo sus estudios agronómicos en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, entre 1986 y 1993.

Durante 1993 a 1996, desempeñó actividades de promotor técnico de compañías de agroquímicos, como Shell Colombia, Monsanto colombiana, Inc. Luego ingresó a Tecnoquímicas, S.A., como representante de ventas (1996-1998). En 1999 realizó una especialización en horticultura y floricultura en la Fundación Universidad de Bogota “Jorge Tadeo Lozano” y posteriormente en Enero del 2001 ingresó al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, para realizar los estudios correspondientes a la Maestría en Ciencias en Horticultura.

RESUMEN

Franz Ricardo Gil-Velásquez.

RELACIONES DE POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO EN EL CRECIMIENTO Y ABASTECIMIENTO NUTRIMENTAL DE CRISANTEMO TIPO ANÉMONA [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura]

(Bajo la dirección de la Dra. Ma. Edna Álvarez Sánchez)

El cultivo de crisantemo es una de las especies de mayor importancia económica dentro de las flores de corte en el estado de México; sin embargo existe poca información sobre su crecimiento y requerimientos nutrimentales e hídricos que resulten en una mejor calidad de flor, motivo por el cual en la presente investigación se evaluó el efecto de las relaciones entre potasio, calcio y magnesio en el crecimiento, abastecimiento nutrimental y calidad de flor de crisantemo "Eleonora" tipo anémona; determinar la época de menor variación en la concentración nutrimental en la hoja con fines de diagnóstico y estimar el uso consuntivo de esta especie. Las plantas se cultivaron en un sistema hidropónico abierto en contenedores de 1.2 m X 2.2 m, con tezontle como sustrato. Las plantas fueron nutridas con soluciones donde se variaron las relaciones K, Ca y Mg siguiendo la metodología de Steiner. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron 7 muestreos de planta entera a lo largo del ciclo. En cada fecha de muestreo se evaluó peso seco y la concentración nutrimental de K, Ca, Mg, N, P, Fe, Mn, Cu y Zn, y con estos datos se estimó la cantidad de nutrientes acumulada por la planta. En el momento del corte, además, se evaluó el diámetro de flor, diámetro de tallo y vida en anaquel. También se midió el área foliar al inicio y al término del ensayo. Para la determinación de la constancia de la concentración

nutrimental en la hoja se realizaron 7 muestreos foliares durante la etapa vegetativa (cada 10 días). Las relaciones K, Ca y Mg afectaron el crecimiento, abastecimiento nutrimental y la calidad de flor. Bajos contenidos de K y una alta relación de Ca+Mg (relación 10:60:30 de K, Ca y Mg, respectivamente) provocaron las mayores acumulaciones de peso seco ($32.6 \text{ g planta}^{-1}$) y concentración de Ca y Mg en la planta así como su acumulación, que repercutieron en una mayor vida en anaquel (15 días). Un efecto inverso se observó con el suministro de soluciones nutritivas ricas en K y con bajo contenido de C+Mg (relación 60:25:15, de K, Ca y Mg, respectivamente) ($24.14 \text{ g planta}^{-1}$), además de presentarse un antagonismo con Mg, mismo que se manifestó en la planta mediante una sintomatología visual típica clorosis difusa y bordes de hojas color rojo púrpura y a nivel celular por un desorden en el empaquetamiento de las células del parénquima de empalizada. La estabilidad nutrimental con fines de diagnóstico se presentó entre los 66 y 76 días después del trasplante y para el análisis se colectó la hoja recientemente formada de la parte superior de la planta. El uso consuntivo de crisantemo se estimó en 138.5 a $264.4 \text{ mL d}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ según la etapa fenológica del cultivo.

Palabras claves: solución nutritiva, estabilidad nutrimental, uso consuntivo

ABSTRACT

INFLUENCE OF POTASSIUM, CALCIUM, AND MAGNESIUM RELATION ON GROWTH AND NUTRIENT SUPPLY OF CHRISANTHEMUM ANEMONE TYPE.

[*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura]

Chrysanthemum is one of the most economically important species as a cut flower in the State of Mexico. Nevertheless, there is little information on its growth and nutrition, useful in the production of a flower with better quality. In the present research, the effect of the K, Ca, and Mg relation on the growth, nutrient supply and flower quality of chrysanthemum "Eleonora" was evaluated; the season of least variation in nutrient concentration in the leaf with diagnosis purposes was determined; and the consumption use of the species was estimated. Plants were cultivated in an open hydroponics system in 1.2m x 2.2m recipients, with red rock as substrate. Plants were supplied with different solutions where relations between K, Ca, and Mg were varied following Steiner's methodology. Treatments were distributed under a random block design with four repetitions. 7 samplings of whole plants were carried out through the cycle. In each sampling dry weight and nutrient concentration were evaluated, and with this data the quantity of nutrients accumulated by the plant was evaluated. Flower and stem diameter and life span at stand were also evaluated at the cutting moment. Leaf area was measured at the beginning and end of the essay. 7 samplings were carried out during the vegetative stage to determine the constancy in the nutrient concentration in the leaf. K, Ca, and Mg relations affected growth, nutrient allocation and flower quality. Low K contents and high Ca+Mg relation (10:60:30 of K, Ca, and Mg respectively) promoted higher accumulation of dry matter and higher concentration of Ca and Mg in the plant, which resulted in a longer life span on stand (15 days). The reverse effect was observed with solutions rich in K and with a lower content of Ca+Mg (60:25:15 of

K, Ca, and Mg respectively). In addition, an antagonism with Mg was shown here, expressed in the plant through a typical visual symptomatology, and at cellular level through a disorder in the packaging of parenchyma cells. Nutrient stability with diagnosis purposes showed between 66 and 76 days after transplant. Consumption use was estimated in between 138.5 and 264.4 mL d⁻¹ plant⁻¹ according to the phenological stage of the crop.

Key words: Nutritive solution, Nutritional stability, Consumption use.

4. Tratamientos.....	26
5. Diseño experimental.....	31
6. Parámetros evaluados.....	32
7. Manejo del cultivo en la investigación.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
1. Crecimiento, acumulación y distribución de biomasa.....	38
2. Tasa de crecimiento relativo.....	43
3. Concentración de nutrimentos en plantas de crisantemo.....	46
4. Acumulación nutrimental en hojas-tallo.....	55
5. Estabilidad nutrimental en hojas de crisantemo.....	67
6. Uso consuntivo en crisantemo a lo largo del ciclo de cultivo.....	68
7. Discusión general.....	69
V. CONCLUSIONES.....	72
VI. LITERATURA CONSULTADA.....	73
APÉNDICE.....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
Cuadro 1:	Comparación de análisis nutrimental entre plantas sanas y plantas deficientes.....	18
Cuadro 2:	Extracciones de nutrimentos.....	18
Cuadro 3:	Granulometría del tezontle fino usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora".....	23
Cuadro 4:	Granulometría del tezontle grueso usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora".....	24
Cuadro 5:	Densidad de tezontle fino usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora".....	25
Cuadro 6:	Densidad de tezontle grueso usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora".....	26
Cuadro 7:	Porcentaje de cationes y aniones de los tratamientos aplicados al cultivo de crisantemo "Eleonora".....	27
Cuadro 8:	Soluciones nutritivas para el tratamiento 5.....	27
Cuadro 9:	Miliequivalentes de cada nutrimento, para cada solución nutritiva empleada en el cultivo de crisantemo "Eleonora".....	27
Cuadro 10:	Análisis químico del agua para preparar las soluciones nutritivas.....	28
Cuadro 11:	Solución nutritiva tratamiento 1.....	28
Cuadro 12:	Solución nutritiva tratamiento 2.....	29

Cuadro 13:	Solución nutritiva tratamiento 3.....	29
Cuadro 14:	Solución nutritiva tratamiento 4.....	29
Cuadro 15:	Solución nutritiva tratamiento 5 Semana (1-4).....	30
Cuadro 16:	Solución nutritiva tratamiento 5 Semana (5-10).....	30
Cuadro 17:	Solución nutritiva tratamiento 5 Semana (11-14).....	30
Cuadro 18:	Solución nutritiva tratamiento 6.....	31
Cuadro 19:	Micronutrientes presentes en todas las soluciones nutritivas aplicadas a los tratamientos según recomendaciones de Steiner.....	31
Cuadro 20:	Control de plagas y enfermedades en el cultivo de crisantemo "Eleonora".....	37
Cuadro 21:	Temperatura y humedad relativa bajo invernadero.....	37
Cuadro 22:	Acumulación de materia seca y su distribución en el cultivo de crisantemo "Eleonora", en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	42
Cuadro 23:	Promedios de tasa de crecimiento relativa.....	45
Cuadro 24:	Concentración de K (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	46
Cuadro 25:	Concentración de Ca (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	47
Cuadro 26:	Concentración de Mg (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	48
Cuadro 27:	Concentración de N (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	49

Cuadro 28:	Concentración de P (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	50
Cuadro 29:	Concentración de Fe ($mg\ kg^{-1}$) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	51
Cuadro 30:	Concentración de Mn ($mg\ kg^{-1}$) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	52
Cuadro 31:	Concentración de Cu ($mg\ kg^{-1}$) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	52
Cuadro 32:	Concentración de Zn ($mg\ kg^{-1}$) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	53
Cuadro 33:	Nutrientes concentrados en flor, (115 DDT), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	54
Cuadro 34:	Vida en anaquel (d) en flores de crisantemo "Eleonora" en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	54
Cuadro 35:	Pruebas de significancia de análisis de varianza para los nutrimentos evaluados en el cultivo de crisantemo a lo largo de su ciclo en respuesta a la variación de las relaciones K, Ca y Mg	55
Cuadro 36:	Ca acumulado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} ($mg\ planta^{-1}$)	58
Cuadro 37:	Mg concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} ($mg\ planta^{-1}$)	61
Cuadro 38:	Fe ($mg\ planta^{-1}$) acumulado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	63
Cuadro 39:	Mn ($mg\ planta^{-1}$) concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	63

Cuadro 40:	Cu (mg planta ⁻¹) concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K ⁺ , Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺	64
Cuadro 41:	Zn (mg planta ⁻¹) concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K ⁺ , Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺	64
Cuadro 42:	Acumulación nutrimental en flor, muestreo 7 (115 DDT) en función de la relación K ⁺ , Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺	65
Cuadro 43:	Concentración nutrimental en en hojas según días de trasplante, correspondiente a la relación 10:60:30 de K ⁺ , Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺ (T4).....	67

FIGURAS

Número	Página
Figura 1: Porcentaje de gránulos en tezontle fino usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora"	24
Figura 2 Porcentaje de gránulos en tezontle grueso usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora"	25
Figura 3: Materia seca total del cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg.....	39
Figura 4: Porcentaje de formación de materia seca del cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo con la relación 10:60:30 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T4).....	40
Figura 5: Porcentaje de formación de materia seca del cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo con la relación 60:25:15 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T3).....	41
Figura 6: Tasa de crecimiento relativo para el cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo de cultivo en función de las relaciones K, Ca y Mg.....	44
Figura 7: Acumulación de N en planta entera en el cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg.....	56
Figura 8: Acumulación de P en planta entera en el cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg.....	56

Figura 9: Acumulación de K en planta entera en el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg.....	57
Figura 10: Acumulación de Ca en planta entera en el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg.....	59
Figura 11: Acumulación de Mg en planta entera en el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg.....	60
Figura 12: Hojas de crisantemo “Eleonora” con síntomas de deficiencias de Mg.....	61
Figura 13: Corte trasversal de hoja de crisantemo con deficiencia de Mg (a), sin deficiencia de Mg (b).....	62
Figura 14: Vida en anaquel día 14 tratamiento 4.....	66
Figura 15: Vida en anaquel día 14 tratamiento 3.....	66
Figura 16: Estabilidad nutrimental en hojas de crisantemo.....	68
Figura 17: Uso consuntivo diario de crisantemo a lo largo del ciclo.....	69

I. INTRODUCCIÓN

En México son escasos los datos referentes a curvas de crecimiento y nutrición mineral del cultivo del crisantemo 'Eleonora' [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura] tipo anémona, razón por la cual y dada la importancia de estos aspectos se realizó la presente investigación.

Esta investigación se enfocó hacia la obtención de los requerimientos nutrimentales de crisantemo 'Eleonora' tipo anémona para hacer más eficientes las prácticas de nutrición del cultivo (específicamente interacciones de nutrimentos y niveles óptimos), con miras a optimizar tanto recursos económicos así como lograr una flor de calidad que permita competir en los mercados internacionales.

Aunque en México existe gran diversidad de climas se pueden ubicar en condiciones adecuadas para producir flores de diferentes especies de excelente calidad y propicias oportunidades de crecimiento para poder satisfacer la creciente demanda nacional e internacional de ornamentales.

En este trabajo se estudiaron los elementos potasio, calcio y magnesio, muy utilizados por los floricultores, pero de escaso conocimiento las dosis exactas que las plantas necesitan, lo cual conlleva a que se sobredosifique o se subdosifique. Este es un problema muy grave pues la imprecisión puede influir en la calidad de la flor, incurrir en gastos innecesarios al aplicar más del fertilizante requerido, también afectar el medio ambiente con el excesivo uso de los nutrimentos los cuales pueden hacer las veces de contaminantes si sus niveles son altos.

OBJETIVOS

Evaluar el efecto de las relaciones entre potasio, calcio y magnesio en el crecimiento y producción de crisantemo tipo anémona.

Evaluar el efecto de las relaciones entre potasio, calcio y magnesio en el abastecimiento nutrimental de crisantemo tipo anémona.

Definir el intervalo de estabilidad nutrimental en hojas de crisantemo tipo anémona, para determinar la mejor época de muestreo.

Determinar el uso consuntivo del crisantemo tipo anémona en condiciones apropiadas para su desarrollo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Generalidades

1.1. Superficie cultivada con flores en México

En México actualmente se calculan 7,000 hectáreas sembradas con ornamentales de las cuales aproximadamente 800 son de invernadero, de estas 600 se encuentran en el Estado de México y el resto en estados como: Morelos, Michoacán, Jalisco, Puebla, Hidalgo, Baja California Norte y en pequeña escala en otros estados de la Republica (Olascoaga, 2000).

Las zonas productoras de flores del Estado de México mas importantes se encuentran en los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas y Texcoco. Las principales especies de flores cultivadas son las siguientes: rosa, gladiola, clavel, crisantemo, liliun, gerbera, aster, limonium, nardo, agapanto, alcatraz, iris, tulipanes, fresias, girasol, flores de semillas y follajes y flores tropicales.

Las principales especies de flores cultivadas son las siguientes: rosa, gladiola, clavel, crisantemo, liliun, gerbera, aster, limonium, nardo, agapanto, alcatraz, iris, tulipanes, fresias, girasol, flores de semillas y follajes y flores tropicales.

En Veracruz y Chiapas se encuentra la producción mas importante de flores y follajes tropicales, sin embargo, la producción no es suficiente, existiendo un gran potencial de crecimiento (Olascoaga, 2000).

1.2. Origen del crisantemo

Existen unas 150 especies naturales de crisantemos, originarias todas ellas del viejo mundo (India, China, Japón, Marruecos, etc., en general Asia y África). El nombre de *Chrysanthemum* procede de dos palabras griegas: *Khrysos* y *anthemon*, y su significado conjunto es “flor de oro”.

El, *Dendranthema grandiflorum* (de colores rosa y lila) originario de las colinas de Hu-pei (China), es el principal origen de los crisantemos de otoño actualmente en cultivo, así como el *Chrysanthemum indicum* (un sencillo amarillo) originario de China e India, y el *Chrysanthemum arcticum*.

El *Chrysanthemum hortorum*, es el nombre escogido para denominar los múltiples cultivares obtenidos a partir de los tres anteriores, y que dan lugar a los crisantemos vivaces denominados de otoño. Existen crisantemos anuales y vivaces, cultivándose estos últimos muchas veces como anuales.

La hibridación comercial para mejorar las variedades continúa actualmente en América, Asia y Europa. La selección está basada no solo en la forma y el color de la flor, sino también en la adaptabilidad de las plantas de vivero para programas de florecimiento durante todo el año y en la calidad después de cosecha (Arbos, 1992).

2. Manejo del cultivo

El crisantemo cultivado bajo invernadero en suelo o sustrato y cosechado como flor de corte tiene los parámetros de calidad exigidos en el mercado, bien sea para consumo nacional o para ser exportadas. Por su forma de cultivo estos crisantemos requieren un manejo agronómico diferente a los cultivados en maceta.

2.1. Preparación del suelo

Los crisantemos se desarrollan en casi cualquier tipo de suelo, aunque es una planta susceptible a varias clases de patógenos del suelo, estos pueden controlarse para asegurar un crecimiento máximo de las plantas. Para ello se puede realizar una pasteurización con vapor o un tratamiento químico (Arbos, 1992).

Algunos tratamientos químicos consisten en fumigantes que controlan a la mayoría de los patógenos del suelo o a patógenos específicos, tales como *Verticillium albo-atrum*. Una combinación de dos partes de clorpicrina y una parte de bromuro de metilo puede ser utilizada para *Verticillium*. Sin embargo, es útil un tratamiento químico general del suelo.

El suelo ideal para el cultivo de crisantemo es el franco arenoso, con alto contenido de material orgánico, buen drenaje y un pH entre 5.5 y 6.5, sin embargo aunque todos los suelos donde se cultiva cumplen con este ideal, pero en virtud de que el suelo será trabajado a mano o en forma mecánica y solo los 20 cm. superiores son determinantes, casi cualquier tipo de suelo puede ser mejorado con la adición de estiércol, composta, o fertilizantes. Los suelos muy pesados (arcillosos) se pueden mejorar con la aplicación de tierra caliza tepetate en un volumen de 1 kg m^{-2} (Rincón, 1990).

Después de la incorporación de mejoradores y fertilizantes y después del tratamiento del suelo para los patógenos, pueden prepararse las camas del ancho deseado, generalmente de unos 108 cm de grosor. Con una herramienta puntiaguda se marca el suelo de la cama a distancias preestablecidas y ahí se plantan los esquejes, o bien se colocan los esquejes en el centro de los cuadros hechos con la cuerda o alambre que sirven de soporte (Larson, 1992).

2.2. Plantación

El suelo debe humedecerse hasta capacidad de campo antes del trasplante. En verano, es recomendable disminuir en un 30% la intensidad luminosa durante los primeros 7 o 10 días de la plantación, con la finalidad de que la planta no se deshidrate o muera por quemaduras o golpes de sol, se pueden utilizar malla sombra, encalado, o bien una doble cubierta (Arbos, 1992).

2.3. Densidad de plantación

Varia dependiendo del tipo y destino de la flor, por ejemplo si es de tipo estándar se obtendrá un tallo y una flor; y si es pompón con 2 o 3 tallos, se tendrán de 3 a 6 flores por tallo (Rincón, 1990).

2.4. Luz

El crisantemo se conoce como una planta de día corto, aunque lo propio sería llamarle planta de noche larga, pues la inducción a la floración requiere de periodos de oscuridad de entre 6 y 7 horas, por lo que se denomina fotoperiodismo (repuesta de las plantas a la duración del día y de la noche).

Es recomendable proporcionar luz a razón de 10 bujías/pie (un foco de 100 w; cubriendo un volumen luminoso de 2 x 3 x 1.6 metros). Es necesario cuidar que el tratamiento con luz artificial en invierno sea de 4 horas, en verano bastará con 2.5 a 3.0 horas. Este tratamiento deberá iniciarse siempre a las 10 PM. El periodo de días largos cambia según la variedad y época del año; por ejemplo, en invierno se recomienda de 30 días de luz para variedades estándar y 40 para pompón. Para el resto del año se deberán aplicar 25 días en variedades estándar y 30 días para pompón (Rincón 1990).

En caso de que la intensidad de luz durante el día sea alta (en verano), se recomienda dar sombra en un 33%. Para asegurar la inducción floral es importante dar un tratamiento de días cortos, pudiendo emplear tela negra o plástico negro, la cual deberá ser colocada a las 19 horas y se quitara a las 7 horas del día siguiente (Larson, 1992).

2.5. Soporte

Debido al crecimiento que se observa por parte de la planta y al des balance entre el soporte del tallo y sistema radical al aplicar tratamientos con fotoperiodos largos, alta fertilización y densidad de plantas, se coloca una malla cuadriculada de alambre galvanizado No 16 a lo largo de la cama y cruzado con cáñamo, rafia o cinta plástica, también se deberán utilizar tiras de madera cada 3 o 4 metros para mantener el espaciamiento entre alambres (Trujano, 1984).

2.6. Pinchado o despunte

Con esta labor se elimina la parte apical de la planta, con el objeto de obtener más de un tallo al permitir el desarrollo de las yemas laterales. Esta práctica se realiza solamente en variedades de tipo pompón, spray, etc., y se realiza los primeros 5 - 10 días después de la plantación (Trujano, 1984).

2.7. Desbotonado

Denominado también desquite o desmamonado, consiste en eliminar los botones laterales. Esta labor se efectúa a las 4 semanas posteriores a la plantación, dejando únicamente el botón central (en variedades estándar) y en algunos casos en el tipo pompón, cuando se manejen dos plantas por unidad de plantación. En este último caso se dejan de 3 a 6 botones, eliminado el botón central y los que estén debajo de los botones seleccionados, para obtener una floración uniforme (Trujano, 1984).

2.8. Corte

La cosecha se efectúa cuando el botón floral ha alcanzado su apertura total. Es conveniente que el corte se realice muy temprano o en la tarde, con la finalidad de evitar la deshidratación de flores. El corte deberá efectuarse manualmente o con tijeras (Trujano, 1984).

2.9. Reguladores del crecimiento en el cultivo de crisantemo

2.9.1. Aumento de la longitud de tallo

Se pueden utilizar giberelinas para incrementar la longitud del tallo de los crisantemos normales. Las concentraciones de 1.5 a 6 ppm de giberelato de potasio, asperjado de 1 a 3 días después de la plantación y de nuevo tres semanas después han tenido como resultado aumentos importantes de la longitud de tallo sin pérdida de calidad del mismo bajo condiciones de luz a mediados de invierno en California (Byrne y Pyeatt, 1976).

2.9.2. Reducción de la longitud del pedúnculo de los crisantemos

Para acortar el pedúnculo en los crisantemos se aplica ácido succínico-2,2-dimetilhidracida (B-9 o SADH), justo después del desbotonado. Una aspersión de 2500 ppm hasta el punto de saturación es la adecuada para muchos cultivares. El SADH reduce la división y alargamiento de células en la región justo debajo de la inflorescencia, donde el alargamiento ocurre rápidamente en el momento en que las florecillas se están desarrollando activamente (Larson, 1992).

2.9.3. Aumento de la longitud del pedúnculo de los crisantemos

Algunos pompones desarrollan pedúnculos cortos y los largos pueden ser mas apropiados para arreglos florales. El alargamiento del pedúnculo puede lograrse

asperjando la parte superior de las plantas hasta el punto de saturación con 20 ppm de ácido giberélico (AG₃) 4 semanas después del inicio de los días cortos. Este tratamiento es mas efectivo durante periodos de alta energía radiante y varia según los cultivares. Altas concentraciones o aplicaciones de AG después del periodo de 4 semanas pueden dar como resultado inflorescencias débiles (Larson, 1992).

2.9.4. Inicio de la raíz

La hormona mas comúnmente utilizada para los crisantemos es ácido el indolbutírico (AIB) al 0.1 o 0.2%, mezclado con 1 gr de talco. Aunque es posible aplicar el AIB en una solución acuosa, generalmente no es recomendable por la posible diseminación de enfermedades bacterianas en la solución (Larson, 1992).

2.10. Uso consuntivo en las plantas

Es el volumen de agua consumida por un cultivo en su función de transpiración, en su función de formación de tejidos y la evaporada desde el suelo donde vive el mencionado cultivo (Del Valle, 1993).

Uso consuntivo = Agua de transpiración + Agua de formación de tejidos + Agua evaporada del suelo.

El termino “uso consuntivo”, se ha considerado casi como sinónimo de evapotranspiración, la diferencia entre estos dos términos es que el segundo incluye el consumo de agua de formación de tejidos, pero este consumo es tan pequeño en comparación con la transpiración y la evaporación que se desprecia (Del Valle, 1993).

Se debe considerar que el uso consuntivo es un volumen de agua que consumen las plantas y que no pueden recuperar durante su ciclo vegetativo. No debe ser

considerado como un volumen fijo de agua consumida, por que depende de varios factores tales como:

- Suelo (textura, salinidad, fertilidad, profundidad).
- Cultivo (especie, variedad, fase de desarrollo, ciclo vegetativo, la fisiología).
- Agua (cantidad, disponibilidad, eficiencia de aplicación, practicas de riego).
- Clima (temperatura, fotoperíodo, calor aprovechable, precipitación, vientos, nubosidad, advección).

Los factores mencionados anteriormente no actúan aisladamente si no que interactúan.

Probablemente el factor que más influye en el uso consuntivo es la temperatura, ya que cuando es baja disminuye el ritmo de funcionamiento fisiológico de las plantas y además provoca el déficit de difusión de humedad atmosférica, ocasionando una disminución en el uso consuntivo, la situación contraria se presenta cuando la temperatura es alta (Del Valle, 1993).

Entre dos especies con diferente área foliar, tendrá un uso consuntivo mayor, la que tenga mayor área foliar. Entre variedades iguales sujetas a diferente luminosidad, a igualdad de las demás condiciones, tendrá mayor uso consuntivo la variedad que disponga de mayor luminosidad.

La etapa de desarrollo del cultivo influye en el uso consuntivo por que en las plantas de la misma variedad pero en diferente desarrollo fonológico, tendrá un mayor uso consuntivo la de mayor desarrollo.

2.10.1. Método para estimar el uso consuntivo

2.10.1.1. Método del evapotranspirómetro

Una variante del método lisimétrico es el evapotranspirómetro, que también puede considerarse como una gran maceta pero que no se maneja por pesadas, si no por el método de entradas y salidas de agua, y para determinar la evapotranspiración se mide el volumen de agua aplicado a la maceta y el volumen drenado y su diferencia es el volumen de agua consumido por evapotranspiración (Del Valle, 1993).

3. Funciones fisiológicas de nutrimentos

3.1. Potasio (K)

El K es un activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y la respiración y necesarias para formar almidón y proteínas. Este elemento también regula el potencial osmótico de las células y, por consiguiente, a su presión de turgencia (Bhandal y Malik, 1988). El estrés hídrico en las plantas puede ser contrareestado con potasio, debido a la reducción de la tasa de respiración, la cual no depende únicamente del potencial osmótico de las células del mesófilo, pero puede controlar el cierre y apertura de estomas (Mengel y Kirkby, 1987).

Como se observa la principal función bioquímica del potasio es la activación de varios sistemas enzimáticos, en experimentos *in vitro* se ha encontrado que la activación es obtenida con un rango de concentración de 40 a 80 mol·m⁻³. El citoplasma de las células vegetales tiene la tendencia a mantener las concentraciones de K alrededor de 100 mol·m⁻³ (Glass y Siddiqi, 1984).

La concentración de K es de 100 mol m^{-3} y es 5 a 10 veces más alta que las concentraciones de la vacuola. La savia que va por el floema también es rica en K el cual es el cation más abundante y en concentraciones cercanas a las del citoplasma. Los solutos de la savia del floema pueden ser traslocados en dirección acropetala y basipetala, al igual que ser transportados a largas distancias (Flowers y Lauchli, 1983).

La alta permeabilidad de las membranas a K es una característica muy importante en varios procesos fisiológicos, así como su movilidad en la planta, la dirección de transporte de potasio es a menudo hacia los tejidos jóvenes y la redistribución frecuentemente ocurre de partes viejas de la planta a partes jóvenes.

En dicotiledóneas, las hojas se ponen cloróticas en puntas y márgenes, la necrosis se esparce de manera basipetala. La deficiencia de K también da como resultado tallos débiles, mientras que las raíces son atacadas con mayor facilidad por organismos que las descomponen. Estos dos factores hacen que las plantas pierdan su verticalidad con mayor facilidad por la acción del viento y las lluvias (Salisbury y Ross, 1992).

Los síntomas de deficiencia de K en crisantemo se presentan primero en las hojas viejas. Clorosis en los bordes de las hojas, iniciándose en la parte inferior y que pueden alcanzar la parte superior del vegetal. Aumenta la sensibilidad de la planta a los ataques criptogámicos. El color de la flor es más claro y disminuye su duración en agua. Se produce un mal desarrollo de las raíces. Pueden realizarse tratamientos foliares con abonos ricos en K. El exceso produce en numerosos casos, el llamado consumo de lujo en el que la planta incorpora gran cantidad de K^+ que no utiliza (Arbos, 1992).

El contenido y la acumulación de K en la biomasa aérea varía en relación directa con la concentración de potasio presente en una solución nutritiva, sin embargo esto no repercute sobre la producción y rendimiento de materia seca total. Lo cual

indica que es indispensable hacer un manejo racional del potasio, ya que aplicaciones excesivas de este nutrimento no repercutirán en una mejor calidad de la producción (Bugarin-Montoya *et al.*, 2002).

3.2. Calcio (Ca)

La mayoría de los suelos contienen el suficiente Ca para permitir el crecimiento vegetal adecuado, aunque los suelos ácidos con lluvias abundantes a menudo se ven fertilizados con limo (una mezcla de CaO y CaCO₃) que eleva el pH. El Ca se absorbe como Ca²⁺ y no puede ser cargado en las células traslocadoras del floema; como resultado, los síntomas de deficiencia siempre son más pronunciados en los tejidos jóvenes (Kirby y Pilbeam, 1984). Especialmente en zonas meristemáticas de raíces, tallos y hojas, donde hay divisiones celulares, debido a que se requiere el calcio para formar una nueva lámina media en la placa celular que surge entre las células hijas. Los tejidos torcidos y deformados resultan de la deficiencia de Ca y por ello, las zonas meristemáticas mueren en etapas tempranas. El Ca es esencial para las funciones normales de las membranas celulares, probablemente como un enlazador de fosfolípidos, entre si o a proteínas de membrana (Salisbury y Ross, 1992).

Las plantas superiores a menudo contienen cantidades apreciables de Ca, en el orden de 5-30 mg·g⁻¹ de materia seca. Los altos contenidos de Ca son principalmente el resultado de altos niveles de éste en la solución del suelo y a la eficiencia de absorción de las células de la raíz. Generalmente la concentración de Ca en la solución del suelo esta alrededor de 10 veces mas que la de potasio, pero la absorción de calcio es sin embargo mas baja que la de potasio, esto debido a que la toma de calcio puede estar competitivamente afectada por la presencia de otros cationes tales como K⁺ y NH₄⁺ los cuales son rápidamente absorbidos por las raíces (Clarkson y Sanderson, 1978).

En la actualidad se conoce que todos los organismos mantienen concentraciones bajas de Ca libre en el citosol, por lo común, menores de 1 μM . Esto es cierto aun cuando el Ca sea tan abundante como el fósforo, azufre y magnesio en muchas plantas, sobre todo leguminosas. La mayor parte del Ca en las plantas se encuentra en las vacuolas centrales y unidas en las paredes celulares a polisacáridos llamados pectatos (Kinzel, 1990).

En las vacuolas, el Ca forma cristales insolubles de oxalatos, carbonato, fosfato o sulfato insolubles. Las concentraciones bajas de Ca en el citosol deben mantenerse para impedir la formación de sales de Ca insolubles a partir de ATP y otros fosfatos orgánicos. Además, las concentraciones de Ca por encima del intervalo micromolar inhiben la corriente citoplasmática. Si bien unas pocas enzimas son activadas por el Ca, muchas otras son inhibidas, y esta inhibición hace aún más necesario que las células mantengan concentraciones muy bajas de Ca en el citosol donde existen muchas enzimas. Gran parte del Ca en el citosol se une de manera reversible a una pequeña proteína denominada calmodulina. Esta unión cambia la estructura de la calmodulina de tal forma que activa varias enzimas; en la actualidad se encuentra bajo intensa investigación la relación Ca y la calmodulina con la actividad enzimática en las plantas; es probable que el Ca cumpla una función de activador enzimático, sobre todo cuando el ion está unido a la calmodulina o a proteínas muy afines (Williamson, 1984).

El Ca influye en la economía acuosa de la planta, sobre los carbohidratos proteínicos del metabolismo graso y sobre otros procesos fisiológicos. Los efectos del Ca y K, son antagónicos y la óptima relación de K:Ca es de gran importancia para el favorable equilibrio acuoso de la planta (Clarkson and Sanderson, 1978).

El Ca esta catalogado como mensajero secundario en células guardas de plantas, se considera el papel del Ca por su importancia en la señal de transducción en las células guardas del estoma, enfocando su relevancia a la regulación de la turgencia en dichas células (Martin *et al.*, 1997).

El Ca también es esencial para mantener la integridad y estructura de la membrana y pared celular respectivamente, bajo condiciones de deficiencia de Ca, las membranas llegan a perder selectividad, lo cual permite que se presente la pérdida de compartimientos y luego la lamina media es afectada. La importancia del Ca en la adhesión celular es bien reconocida, el efecto cementante es debido a que los pectatos de calcio de la lamina media durante la citokinesis son requeridos en altas cantidades y como las células crecen rápidamente, el área de la superficie de contacto entre estas se incrementa y en gran medida se necesita un constante abastecimiento de calcio, al no estar disponible este, se afecta la pared celular (Poovaiah, 1985).

La deficiencia de Ca se presenta en suelos muy ácidos y los síntomas se confunden con los de la falta de Mg y toxicidad como la de Mn. En plantas de crisantemo, puede llegar a detener el crecimiento, y las hojas son cortas. En los casos de deficiencia grave se produce la muerte del botón terminal y necrosis en las últimas hojas. Si se alcanza la floración, la maduración de las flores en agua se ve afectada. Se produce un mal desarrollo de las raíces, cortas y gruesas (Arbos, 1992).

3.3. Magnesio (Mg)

Generalmente la concentración de Mg^{2+} en la solución del suelo es mas alta que la de K^+ pero la tasa de absorción de Mg^{2+} por las células de la raíz es mucho más baja que la tasa de absorción de K^+ . Esta pobre habilidad de las raíces para absorber el Mg en comparación con el potasio probablemente no sólo se restringe al tejido radial si no a otras partes de la planta (Schimanski, 1981).

El Mg se absorbe como Mg^{2+} , y se comporta como un elemento muy móvil tanto en la planta como en la célula. Las hojas adultas son las primeras en expresar situaciones de deficiencia, al emigrar el Mg a las hojas más jóvenes. La clorosis de

Mg es muy típica porque se dispone en forma intervenla debido a que las células del mesófilo próximas a los vasos retienen la clorofila más tiempo (Bonilla, 2000).

Aproximadamente el 20% del magnesio total de las hojas se encuentra en los cloroplastos, aunque solo entre el 10% y el 20% se presenta en las moléculas de clorofila. El resto se encuentra localizado en forma iónica soluble en el espacio intratilacoidal y al unirse al cloroplasto, pasa al estroma donde activa enzimas tan importantes como la rubisco, la fosfofenol-piruvato carboxilasa y la glutamato sintasa la asignación fotosintética del carbono y el nitrógeno depende, en gran medida, de la concentración de magnesio en el cloroplasto. También interviene en el metabolismo energético de la planta al formar complejos con el ATP, ya que las ATPasa utilizan como sustrato los complejos Mg-ATP. Incluso, la propia fosforilación del ATP a partir del ADP necesita Mg. Esa propiedad de establecer uniones tanto iónicas como, especialmente covalentes —caso de la clorofila— lleva al Mg a estar presente en procesos clave, como la unión y estabilización de las subunidades del ribosoma y, por tanto, en la biosíntesis de proteínas, e incluso en la transcripción del mensaje genético por la activación de la RNA polimerasa. Por esta razón, un aumento en la proporción de N soluble no proteico puede ser un parámetro de diagnostico químico de la deficiencia de Mg (Azcon-Bieto y Talon, 2000).

Los rangos de Mg oscilan entre 0.15 y 1% del peso de materia seca, siendo un valor suficiente alrededor de 0.25% en hojas. Los valores críticos de Mg pueden variar de acuerdo a la especie, bajos en cereales y altos en legumbres y en cultivos de fruto. Los contenidos de Mg incrementan con la edad de las hojas, las altas concentraciones se encuentran en hojas viejas. La relación entre Mg y K es bien conocida, así como la relación entre Mg y Ca, por esto se utilizan las normas DRIS para la interpretación de los resultados de los análisis de plantas (Benton-Jones, 1998).

La deficiencia de Mg puede ser inducida por altas concentraciones de cationes tales como: NH_4^+ , K^+ o Ca^{++} , los cuales están presentes en la solución del suelo, e irán a competir con el Mg (Benton-Jones, 1998). Los síntomas de deficiencia de Mg en crisantemo se manifiestan primero en las hojas inferiores, las más viejas, extendiéndose a las hojas jóvenes a medida que se intensifica el déficit. En casos graves las flores resultan de pequeño tamaño. A simple vista, se produce una clorosis intervenal parecida a la de Fe (Arbos, 1992).

4. Comparación de elementos entre plantas sanas y deficientes

En hojas de la parte central de la planta (hojas jóvenes totalmente formadas), se determinaron los siguientes valores (Cuadro 1).

Es importante considerar para la interpretación del análisis foliar, que la composición en elementos nutritivos varía en función de la variedad utilizada, del clima, del suelo o sustrato, y de la fertilización.

Cuadro 1. Comparación de análisis nutrimental entre plantas sanas y plantas deficientes.

Elemento	Plantas sanas	Plantas deficientes
N (%)	2.5 - 4.5	2.39
P (%)	0.23 - 0.59	0.19
K(%)	3 - 5	2.49
Ca (%)	0.5 - 1.25	0.24
Mg (%)	0.1 - 0.5	0.09
Fe (mg·kg ⁻¹)	100 - 200	74
Mn (mg·kg ⁻¹)	50 - 250	39
Cu (mg·kg ⁻¹)	10 - 15	7
B (mg·kg ⁻¹)	30 - 35	24
Zn (mg·kg ⁻¹)	50 - 80	40

Fuente: Arbos, 1992.

Cuadro 2. Extracciones de nutrimentos.

Elemento	Peso en 100 m ²
N	6.2 kg
P ₂ O ₅	2.9 kg
K ₂ O	10.5 kg
CaO	3.8 kg
MgO	1.1 kg
S	1.2 kg
Fe	50 g
Mn	50 g
B	8.0 g
Zn	25 g
Cu	5 g
Mo	3 g
Ni	5 g

Fuente: Arbos, 1992.

5. Métodos de diagnóstico nutrimental

Los síntomas visuales no son un buen medio para juzgar las necesidades del vegetal, en cuanto a fertilización se refiere, aunque resulta muy útil para el técnico distinguir los diferentes síntomas. Los análisis foliares, ayudan a prevenir las carencias que puedan producirse y a identificarlas correctamente, si éstas se presentan de la misma forma puede evitar posteriores problemas y ayudarnos a realizar las aportaciones correctas de un nutriente. Un problema muy importante que se presenta en el momento de determinar una carencia es la interacción existente entre la mayoría de elementos nutritivos. Además crecen las dificultades, puesto que en numerosas ocasiones la carencia no es de un sólo elemento, si no que puede ser producida por dos o más elementos, complicando aun más su identificación mediante síntomas visuales.

El análisis vegetal se puede realizar para ratificar una diagnosis de síntomas visuales, a través del conocimiento de los síntomas y secuencias sintomatológicas que presentan los vegetales, utilizando los diferentes elementos de diagnóstico como: la movilidad de los nutrientes, las variaciones de forma, color, hábito y estado general de la planta y tomando en cuenta los factores del suelo, clima, manejo e incidencia de plagas y enfermedades. Así, es factible establecer un proceso deductivo para llegar a ratificar o rectificar que la sintomatología de la planta puede ser atribuida a la carencia o exceso de un nutriente en particular. Esto es fundamentalmente válido para aquellos nutrientes en los cuales su deficiencia conduce a la generación de una serie de síntomas típicos (Alcantar y Sandoval, 1999).

5.1. Análisis de planta

Los análisis de plantas algunas veces se refieren al análisis foliar, pero el término es mucho mas amplio y se define como una técnica para determinar los contenidos nutrimentales de alguna parte de la planta, el análisis de planta

involucra los análisis de laboratorio de los órganos colectados. Los datos obtenidos en el laboratorio se comparan con rangos o estándares establecidos y se establece el estatus nutricional de la planta. Los análisis de planta tienen una gran aplicación por que los resultados son usados para conocer la fertilidad del suelo así como el contenido nutrimental de la planta y poder aplicar los nutrimentos requeridos por el cultivo en el momento en que la planta los necesite (Jones, 1998).

Un análisis de planta comprende muestreo, preparación de la muestra análisis de laboratorio e interpretación, cada paso es muy importante para tener éxito en el análisis (Jones, 1998).

El empleo del análisis vegetal, se comenzó a utilizar en forma generalizada no hace mas de 50 años, habiéndose iniciado su aplicación principalmente en plantas perennes y mas específicamente en frutales. Lo anterior fue consecuencia de la permanencia de los frutales durante periodos relativamente amplios en el suelo, lo cual permitiría que una vez identificada la anomalía, esta fuera eliminada mediante procedimientos correctivos como la fertilización, la adición de mejoradores que favorezcan la disponibilidad nutrimental o en caso de toxicidad, la eliminación del factor a través de prácticas de manejo apropiadas (Alcantar y Sandoval, 1999).

En la actualidad, el avance en los procedimientos e instrumentación analíticos que permiten un análisis completo de los nutrimentos esenciales en forma precisa, expedita y aunado a la experiencia y conocimientos acumulados en el ámbito de la nutrición vegetal y sus interrelaciones con el suelo, clima, y manejo, es que el análisis vegetal se ha convertido en una excelente herramienta de diagnóstico nutrimental para casi la totalidad de las plantas del cultivo. Los resultados del análisis reflejan de una manera objetiva las consecuencias de la interacción de la planta con las condiciones que definen su desarrollo con relación a sus contenidos nutrimentales (Alcantar y Sandoval, 1999).

6. Solución nutritiva

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la solución de nutrimentos. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores, siendo muy importante la proporción relativa de iones que debemos añadir a la composición que se comparará con la necesaria con la formulación del nutrimento (Resh, 1992).

Las diferentes sales que podemos usar para preparar una solución nutritiva tienen a la vez diferente solubilidad. La solubilidad es la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando disolvemos esta en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de esta se disolverá en el agua. En los cultivos hidropónicos, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas. Por ejemplo, el calcio puede ser suministrado, bien por el nitrato cálcico, o por el sulfato cálcico; el sulfato cálcico es más barato, pero su solubilidad es muy baja, por tanto, el nitrato cálcico deberá ser el que usemos para suministrar la totalidad de las necesidades de calcio (Resh, 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Ubicación de la investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en condiciones de invernadero en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado en latitud N 19° 29' 46'', longitud W 98° 51' y a una altura sobre el nivel del mar de 2250 m.

2. Material vegetal

Las plantas para la investigación fueron crisantemo eleonora tipo anémona, las cuales provenían de plantas madre cultivadas en Texcoco, Estado de México. Dicho material es el utilizado comercialmente por floricultores de la República Mexicana.

3. Sistema de cultivo

El cultivo para la presente investigación se realizó usando el método hidropónico abierto y cuyos componentes fueron:

3.1 Sistema de fertirrigación

Estaba conformado por tanques cuya capacidad fue de 200 L donde fueron ubicadas las soluciones nutritivas correspondientes a cada tratamiento, tuberías de conducción principal y secundaria, espaguetis, drenajes y filtros.

3.2. Sustrato

El sustrato utilizado fue Tezontle tipo sello el cual fue depositado en contenedores, con una capa fina en los primeros 5 centímetros y una capa gruesa en los siguientes 15 centímetros. El sustrato fue llevado al laboratorio para realizarle los análisis de granulometría y densidad las características se presentan a continuación (Cuadros 3, 4, 5 y 6) (Figuras 1 y 2).

Cuadro 3. Granulometría del tezontle fino usado en el cultivo de crisantemo “Eleonora”.

Tamiz (#)	Diámetro (mm)	Gránulos (%)	Peso muestra (g)
10	2.00	22.4	112
20	0.84	25	125
40	0.42	28	140
60	0.250	22	110
100	0.149	1.2	6
200	0.073	1	5
Fondo		0.4	2

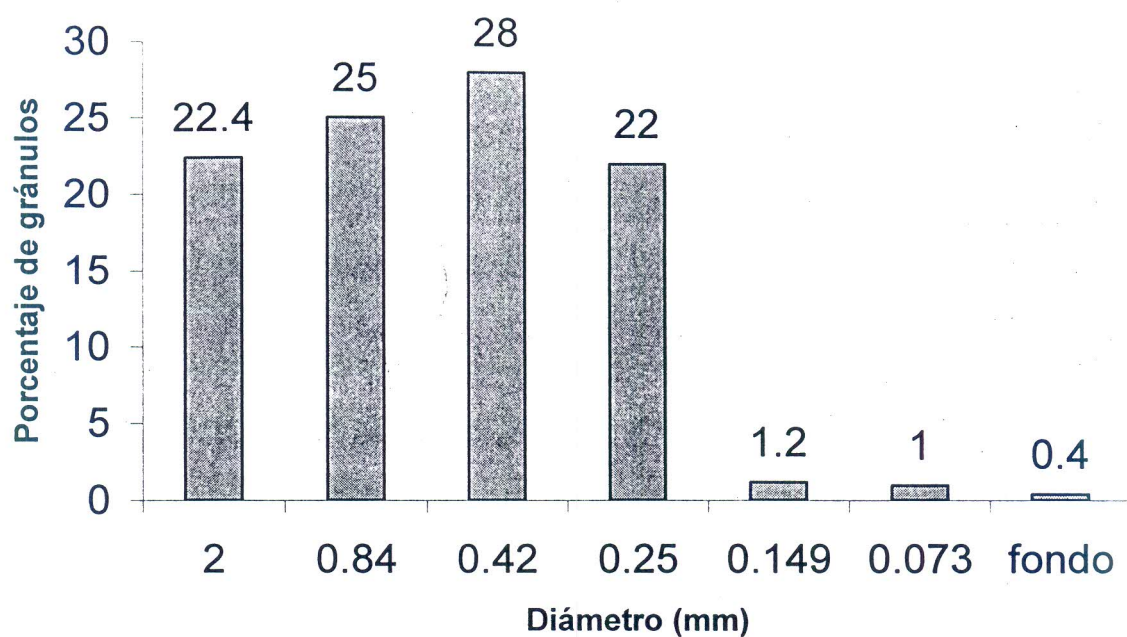


Figura 1. Porcentaje de gránulos en tezontle fino usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora".

Cuadro 4. Granulometría del tezontle grueso usado en el cultivo de crisantemo "Eleonora".

Tamiz (#)	Diámetro (mm)	Gránulos (%)	Peso muestra [†] (g)
# 3/8	9.51	14.4	72
4	4.76	68	340
10	2.00	13.2	66
20	0.84	0.4	2
40	0.42	0.2	1
60	0.250	0.4	2
100	0.149	1.0	5
200	0.073	0.8	4
Fondo		1.6	8

[†] : El peso de la muestra fue de 500 g de tezontle grueso.

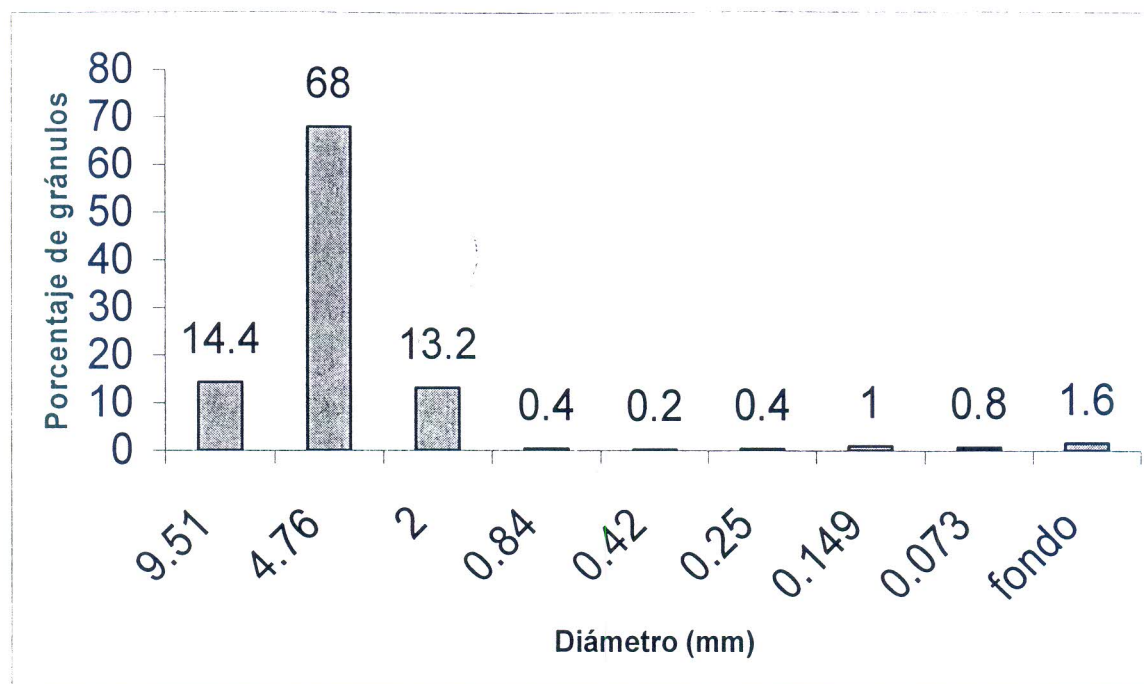


Figura 2. Porcentaje de gránulos en tezontle grueso usado en el cultivo de crisantemo “Eleonora”.

Cuadro 5. Densidad de tezontle fino usado en el cultivo de crisantemo “Eleonora”.

Volumen (mL)	Peso (g)	Densidad (g mL ⁻¹)
327.50	370.00	1.13
277.50	320.00	1.15
215.00	250.00	1.16
SUMATORIA		3.45
PROMEDIO		1.15

Cuadro 6. Densidad de tezontle grueso usado en el cultivo de crisantemo “Eleonora”.

Volumen (mL)	Peso (g)	Densidad (g mL ⁻¹)
372.50	289.60	0.78
455.00	350.00	0.77
433.33	330.00	0.76
412.50	312.00	0.76
	SUMATORIA	3.06
	PROMEDIO	0.77

3.3. Contenedores

Los contenedores tuvieron las siguientes dimensiones: ancho 1.2 m, largo 2.2 m, y una profundidad de 0.2 m. El material de los recipientes fue polietileno para evitar reacciones químicas que afectaran la investigación.

También se tuvieron estructuras de soporte al cultivo las cuales fueron conformadas por postes y alambre de diferentes calibres según los requerimientos estructurales, al igual que malla de 12 x 12 cm.

4. Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron en la presente investigación fueron definidos por soluciones nutritivas generadas según el criterio de Steiner (1961), en el cual se manejo el equilibrio de aniones y cationes; para cada solución hubo diferentes concentraciones de potasio, calcio y magnesio. Las cuales se dan a continuación (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7. Porcentaje de cationes y aniones de los tratamientos aplicados al cultivo de crisantemo “Eleonora”.

	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼
T ₁	35	45	20	60	5	35
T ₂	20	55	25	60	5	35
T ₃	60	25	15	60	5	35
T ₄	10	60	30	60	5	35
T ₆	40	50	10	60	5	35
T ₅	S ₁ (1-4)	S ₃ (5-10)	S ₂ (11-14)			

Los números entre paréntesis indican las semanas durante las cuales se aplicó dicha solución.

Cuadro 8. Soluciones nutritivas para el tratamiento 5.

	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼
Sol1	35	45	20	60	5	35
Sol 2	20	55	25	60	5	35
Sol 3	60	25	15	60	5	35

Después de tener las soluciones para los diferentes tratamientos expresadas en porcentajes, se convirtieron a miliequ L⁻¹ (Cuadro 9).

Cuadro 9. Miliequivalentes de cada nutriente, para cada solución nutritiva empleada en el cultivo de crisantemo “Eleonora”.

Soluciones	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼
T1	7.01	9.0	4.0	11.97	0.99	6.08
T2	4.22	11.6	5.26	12.60	1.05	7.34
T3	11.08	4.62	2.76	11.07	0.92	6.44
T4	2.18	13.12	6.56	13.06	1.08	7.62
T5						
T6	7.88	9.84	1.96	11.78	0.98	6.86

Las unidades de este cuadro se expresan en (miliequ L⁻¹).

Luego de tener los miliequivalentes por nutrimento, se restaron las cantidades de los diferentes elementos que aportaba el agua con la que se prepararon las soluciones nutritivas (Cuadro 10).

Se analizaron dos muestras del agua, tomadas en diferentes épocas del año, debido a que había cambios en sus componentes y se obtuvo un promedio para poder ajustar las soluciones nutritivas.

Cuadro 10. Análisis químico del agua para preparar las soluciones nutritivas.

pH	CE	NH ₄ ⁺	K	Ca	Mg	Na	NO ₃ ⁻	P-PO ₄	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
7.21	.25	0.149	0.175	0.429	0.640	1.4445	0.043	0.032	0	0	0.32	1.00
		0	0.020	0.687	0.855	1.447	0	0.172	0	0	3.85	1.89
Promedio		0.075	0.1	0.56	0.75	1.445	0.02	0.10	0	0	2.085	1.445

*Las unidades de este cuadro se expresan en (miliequ L⁻¹).

Una vez obtenidos los miliequivalentes para cada nutrimento, se procedió a seleccionar y calcular las cantidades de cada fuente, según su solubilidad y disponibilidad en el mercado, hasta llegar a obtener una solución madre y así poder preparar la solución nutritiva a partir de esta, los cuadros que están a continuación son los mililitros de solución madre que debemos poner por litro de agua para preparar la solución nutritiva final (Cuadro 11-19).

Cuadro 11. Solución nutritiva tratamiento 1 (1 N).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.74
MgSO ₄	3.25
K ₂ SO ₄	3.73
KNO ₃	2.31
Ca(NO ₃) ₂	8.4
HNO ₃	1.2

Cuadro 12. Solución nutritiva tratamiento 2 (1 N).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.9
MgSO ₄	4.51
K ₂ SO ₄	2.83
KNO ₃	0.34
Ca(NO ₃) ₂	11.04
HNO ₃	1.2

Cuadro 13. Solución nutritiva tratamiento 3 (1 N).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.64
MgSO ₄	2.01
K ₂ SO ₄	4.33
KNO ₃	5.83
Ca(NO ₃) ₂	4.06
HNO ₃	1.16

Cuadro 14. Solución nutritiva tratamiento 4 (1 N).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.96
MgSO ₄	5.81
K ₂ SO ₄	1.1
Ca(NO ₃) ₂	12.56
HNO ₃	0.48
H ₂ SO ₄	0.71

Cuadro 15. Solución nutritiva tratamiento 5 (1 N). Semana (1-4).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.74
MgSO ₄	3.25
K ₂ SO ₄	3.73
KNO ₃	2.31
Ca(NO ₃) ₂	8.4
HNO ₃	1.2

Cuadro 16. Solución nutritiva tratamiento 5 (1 N). Semana (5-10).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.64
MgSO ₄	2.01
K ₂ SO ₄	4.33
KNO ₃	5.83
Ca(NO ₃) ₂	4.06
HNO ₃	1.16

Cuadro 17. Solución nutritiva tratamiento 5 (1 N). Semana (11-14).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.9
MgSO ₄	4.51
K ₂ SO ₄	2.83
KNO ₃	0.34
Ca(NO ₃) ₂	11.04
HNO ₃	1.2

Cuadro 18. Solución nutritiva tratamiento 6 (1 N).

Fuente	SOLUCION MADRE (mL L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄ (0.5 N)	1.76
MgSO ₄	1.21
K ₂ SO ₄	5.65
KNO ₃	1.25
Ca(NO ₃) ₂	9.28
HNO ₃	1.15

Cuadro 19. Micronutrientes presentes en todas las soluciones nutritivas aplicadas a los tratamientos según recomendaciones de Steiner.

Elemento	mg L ⁻¹
Fe	1.33
Mn	0.62
Zn	0.11
B	0.44
Cu	0.020
Mo	0.048

Fuente: (Steiner, 1961).

5. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental en bloques al azar. Se tuvieron 6 tratamientos. Cada tratamiento con cuatro repeticiones las cuales se distribuyeron aleatoriamente en el invernadero. Los tratamientos fueron soluciones nutritivas preparadas a diferentes concentraciones de los nutrientes potasio, calcio, magnesio.

Estos niveles se tomaron de acuerdo a muestras que se han analizado de cultivos de flores en México y siguiendo la metodología de Steiner.

Una vez establecido el experimento se hicieron extracciones de plantas cada 15 días a partir de la fecha de plantación para evaluar las variables respuestas, este muestreo fue destructivo con el fin de determinar los contenidos nutrimentales de hojas y de parte aérea (tallo + hojas) sin incluir raíz.

6. Parámetros evaluados

Toma de muestras: estas fueron realizadas a los 21, 35, 49, 63, 77, 91, 115 y se colectaron 4 plantas por repetición.

Área foliar: se midió el área foliar por planta al inicio y al final del cultivo. Para ello se utilizó un integrador de área foliar de rodillo LI-COR modelo 3100 y se pasaron todas las hojas de cada planta.

Peso seco de raíces: en el momento de hacer el muestreo se separó la raíz del resto de la planta, se lavó con agua de la llave y se llevo al laboratorio para un segundo lavado con agua de la llave, ácido clorhídrico al 0.1 M, posteriormente pasaron por agua destilada y finalmente por agua desionizada. Después se colocaron las raíces en bolsas de papel y se pusieron en una estufa a 60 °C durante 48 horas, una vez cumplido este tiempo y el material totalmente seco se pesaron en la balanza semi-analítica.

Peso seco de parte aérea y peso seco de flor: se realizó el mismo procedimiento efectuado a las raíces con excepción del lavado en el invernadero y aumentando el tiempo en la estufa, dependiendo del tamaño de las plantas.

Diámetro de flor: una vez formada la flor (hasta su máximo tamaño) se midió con una regla el diámetro alcanzado.

Diámetro del tallo por planta (final): se midió utilizando un vernier y esta medición fue en el momento de la cosecha de la flor.

Duración en florero o vida en anaquel: se realizó bajo condiciones de luz y temperatura específicos $\pm 9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$, 23.1°C y una humedad relativa de 63.5%, se tomaron 10 flores por repetición para un total de 40 flores por tratamiento. Se colocaron en recipientes de unicel de un litro de capacidad, cambiando cada tercer día, con el fin de evitar daños por bacterias. Esta parte de la investigación se llevó a cabo en el laboratorio de química del departamento de suelos de la Universidad Autónoma Chapingo.

Análisis de tejido (hojas-tallo y flor): una vez seco y pesado el material, se molió en un molino Wiley de acero inoxidable con malla 20. Las muestras se digestaron de la siguiente manera: se pesaron 0.5 g de material vegetal seco en un matraz de digestión de 30 mL, luego se adicionaron 5 mL de la mezcla diácida conformada por H_2SO_4 y HClO_4 4 y 1 mL respectivamente (los dos ácidos concentrados) y se dejaron reposar durante 12 horas. Después se pusieron a digerir en la plancha de arena a una temperatura de $230\text{-}250^{\circ}\text{C}$ y se le fueron agregando 0.5 mL de peróxido de hidrogeno hasta que las muestras estuvieran claras. Al final de la digestión se tuvo cuidado de que las muestras no se evaporaran totalmente y que quedaran claras y con un volumen aproximado de entre 1.5 y 3.0 mL

Una vez digestadas las muestras se aforaron con agua desionizada a un volumen de 25 mL y de este concentrado se hicieron las determinaciones de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn.

El contenido de N en la planta se determinó por el método micro- Kjeldahl (Bremner, 1965), el fósforo por el método del fosfovanamolibdato (Jackson, 1964)

y el K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn se determinaron con el espectrofotómetro de absorción atómica GBC modelo AVANTA pm (Allan, 1971).

Microtecnia: se recolectaron hojas que presentaban deficiencias y se montaron placas con el fin de observarlas en el microscopio y analizar los daños a nivel celular por deficiencias de nutrimentos, el procedimiento fue el siguiente;

Fijación: el material vegetal recolectado se fijo en FAA (50% etanol al 96% + ácido acético glacial + 10% formalina) entre 15 y 30 minutos. Para la fijación se usaron aproximadamente cinco partes de FAA por una parte de tejido vegetal, el cual permaneció en el por un periodo aproximado de un mes. Posteriormente, los tejidos fueron lavados en agua corriente durante 4 horas; luego se colocaron en alcohol etílico al 50% y 70% (4 horas en cada paso) y posteriormente fueron colocados en GAA (25% glicerol + 50% 2-propanol + 0.002% eosina + 25% agua). Así se conservaron hasta continuar con el proceso.

Deshidratación y transparentación: esta parte del proceso se llevo acabo en un cambiador automático, usando 2-propanol 50%, 70%, 96% (dos cambios) y 100% (dos cambios); 2-propanol:xileno 1:1 y xileno 100% (tres cambios). En cada solución el tejido permaneció durante 4 horas.

Inclusión en parafina: las hojas fueron llevadas a parafina fundida (57 °C) (dos cambios) y se mantuvieron en ésta por 12 horas, para cada cambio. Los tejidos se colocaron en bandejitas de aluminio con parafina fundida y se orientaron en el plano deseado. Una vez solidificada la parafina se extrajeron los bloques y se conservaron en el refrigerador o en un lugar fresco.

Corte y montaje: se cortaron pequeños trozos de parafina conteniendo el fragmento de hoja en cuestión. Después los trozos se montaron sobre bases de madera, para realizar cortes anatómicos de 10 µm de grosor y para ello se uso un micrótopo rotatorio Leica. Una vez obtenida la cinta en serie, se seleccionaron los cortes de interés, los cuales se motaron sobre porta objetos con adhesivo de Haupt (1% gelatina + 13% glicerol + 2% fenol, en agua) y unas gotas de formalina al 10%. El tejido se extendió en una plancha a 55 °C. Los portaobjetos se dejaron

escurriendo durante 12 horas y después se colocaron sobre la platina a 55 °C por un periodo de 24 horas para adherir mejor el tejido al porta objetos.

Remoción de parafina y tinción: la parafina se removió del tejido, colocando los cortes en tres cambios de xileno al 100% (3 minutos en cada cambio). Luego se hidrataron parcialmente, pasando los cortes a 2-propanol 100%, 96%, 70% y 50%, con duración de 3 minutos en cada concentración.

Tinción con safranina y verde fijo: los cortes desparafinados y parcialmente hidratados se colocaron en safranina saturada [0.05% safranina o(saturada) + 13% p/v sulfato de amonio + 0.01% de fenol, en agua] durante 2 a 3 horas (dependiendo del tejido) a 55 °C. Posteriormente los cortes se lavaron en agua y luego se deshidrataron, pasándolos a 2-propanol al 50%, 96% y 100% (5 segundos en cada concentración).

Para tinción con verde fijo (0.12% de fast green en etanol al 96%) se usó un gotero; adicionando 4 a 6 gotas a cada portaobjetos y manteniéndolo en tinción durante 15 a 30 segundos, dependiendo de la coloración observada en el tejido. Después los tejidos se lavaron en 2-propanol al 100% y luego se colocaron en xileno al 100% (tres cambios de 3 minutos cada uno). Finalmente los tejidos se montaron en bálsamo de Canadá de manera permanente (Avitia, 1996).

Estimación del uso consuntivo del cultivo bajo condiciones de invernadero: para estimar el uso consuntivo se tuvieron 6 macetas con una planta cada una, utilizando tezontle como sustrato y se les aplicó todos los días la misma cantidad de solución nutritiva, y se aforó la salida de ésta a las 24 horas siguientes, para establecer por el Método del evapotranspirómetro el uso consuntivo del crisantemo 'Eleonora'.

7. Manejo del cultivo en la investigación

Las diferentes labores que se le realizaron al cultivo fueron orientadas con el fin de darles las mejores condiciones ambientales y fitosanitarias.

Una vez adecuado el invernadero, se procedió a sembrar las plántulas, las cuales tenían una altura de 5 centímetros, la densidad por contenedor fue de 135 plantas, las cuales se sembraron a una distancia de 12 cm por 12 cm.

Se le suministro luz al cultivo durante los primeros 40 días, con el fin de retardar el proceso de iniciación floral y permitir el alargamiento del tallo, una vez que las plantas alcanzaron una altura de 30 cm se suspendió la iluminación que se daba de 8 pm a 7 am.

Para lograr una mayor altura en los tallos y una homogeneidad entre plantas se aplico ácido giberélico (0.3 g L^{-1}) a los 35, 41 y 51 días después de trasplante, lográndose tener un cultivo uniforme y una apropiada longitud de tallo (40 cm).

Una vez establecido el cultivo, a los 8 días después del trasplante se realizó un pinchado, que consistió en cortar el ápice de las plantas y así bloquear la dominancia apical y permitir la emisión de yemas laterales, para poder conducir a la planta con 2 tallos, y tener 2 flores por planta.

A medida que se desarrollaba el cultivo se fue subiendo la malla que no sólo servía de soporte, sino que permitió en el momento de la siembra guiar las distancias entre plantas.

A los 30 días se dejaron sólo dos tallos por planta y se iban eliminando brotes que iban apareciendo, cuando la planta llegó a la formación de botones se hizo una selección y se dejó el mejor botón en cada tallo y así se condujo el cultivo a 2 flores por tallo.

Se presentaron plagas y enfermedades comunes en este cultivo y fueron controladas oportunamente (cuadro 20).

Cuadro 20. Control de plagas y enfermedades en el cultivo de crisantemo "Eleonora".

DDT	Plaga o enfermedad	Observaciones
6	Roya y minador	Control de roya con Amistar (i.a. azoxystrobin) 0.27 g L ⁻¹ y Plenum (i.a. Pymetrozine) 1.5 g L ⁻¹ para minador
15	Roya y minador	Control de roya con Amistar (i.a. azoxystrobin) 0.27 g L ⁻¹ y Plenum (i.a. Pymetrozine) 1.5 g L ⁻¹ para minador
23	Roya	Control de roya con Amistar (i.a. azoxystrobin) 0.27 g L ⁻¹
31	Gusano	Control de gusano con Lannate (i.a. Metomil) 1 g L ⁻¹
36	Gusano	Control de gusano con Lannate (i.a. Metomil) 1 g L ⁻¹
75	Gusano	Control de gusano con basilus 3 g L ⁻¹
84	Gusano y minador	Control de gusano con basilus 3 g L ⁻¹ y Plenum (i.a. Pymetrozine) 1.5 g L ⁻¹ para minador
85	Araña roja	Control de araña roja con Agrimec (i.a. abamectina) 1 mL L ⁻¹
100	Araña roja y roya	Control de araña roja con Agrimec (i.a. abamectina) 1 mL L ⁻¹ , Amistar (i.a. azoxystrobin) 0.27 g L ⁻¹ para el control de roya

DDT: Días después de trasplante.

La temperatura y la humedad relativa se midieron a diario durante todo el desarrollo del cultivo, se utilizó un termómetro de máximas y mínimas y un hidrotermógrafo. Los datos registrados se promediaron por mes (Cuadro 21).

Cuadro 21. Promedio mensual de Temperatura y humedad relativa bajo invernadero durante el cultivo de crisantemo "Eleonora".

Mes	Temperatura media mensual (°C)	Humedad relativa media mensual (%)
Abril	24.67	
Mayo	23.47	59.97
Junio	22.08	73.32
Julio	22.82	78.73
Agosto	22.75	73.14

Análisis estadístico: se realizó el análisis de variancia y las correspondientes pruebas de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) a través del paquete estadístico SAS (1996).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos se lleva acabo enfocando los aspectos de crecimiento, acumulación y distribución de biomasa, concentración, acumulación y constancia nutrimental en plantas de crisantemo y su uso consuntivo.

1. Crecimiento, acumulación y distribución de biomasa

Los resultados indicaron que las relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , afectaron las variables, peso aéreo (tallo-hojas), peso total (peso aéreo + raíz + flor) y vida en anaquel, las diferencias se presentaron de la siguiente forma: para el caso de peso seco aéreo solo a los 91 DDT, para peso seco total, las diferencias significativas se presentaron a partir de los 91 DDT. Es importante mencionar que el peso seco de raíz no presentó diferencias significativas a través del ciclo de cultivo (Cuadro A).

La variables diámetro de tallo y diámetro de flor no fueron afectadas por las relaciones K^+ Ca^{++} y Mg^{++} . En el caso de área foliar se encontró diferencia significativa solo a los 21 días después del trasplante, debido a la heterogeneidad del material vegetativo mas que a los tratamientos (Cuadro A).

Con los promedios de los valores de materia seca de los tratamientos se obtuvo la curva de crecimiento (Figura 3). La cual fue sigmoideal y en ella se pueden apreciar la fase vegetativa, formación de botón floral y floración. En el peso seco total como se mencionó anteriormente si hubo diferencias entre tratamientos a partir de los 91 DDT (Cuadro 22). En el muestreo 6 la relación 20:55:25 K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T2) presentó significancia lo cual indica que las plantas sometidas a este tratamiento presentaron una mayor cantidad de materia seca en este momento del cultivo, la solución empleada tenía valores medio-bajo de K^+ y medio alto para Ca^{++} y Mg^{++}

(Cuadro 22). Esta mayor acumulación de materia seca en este momento de cultivo se debió a la alta relación $\text{Ca}^{++}:\text{Mg}^{++}$ y bajo suministro de K.

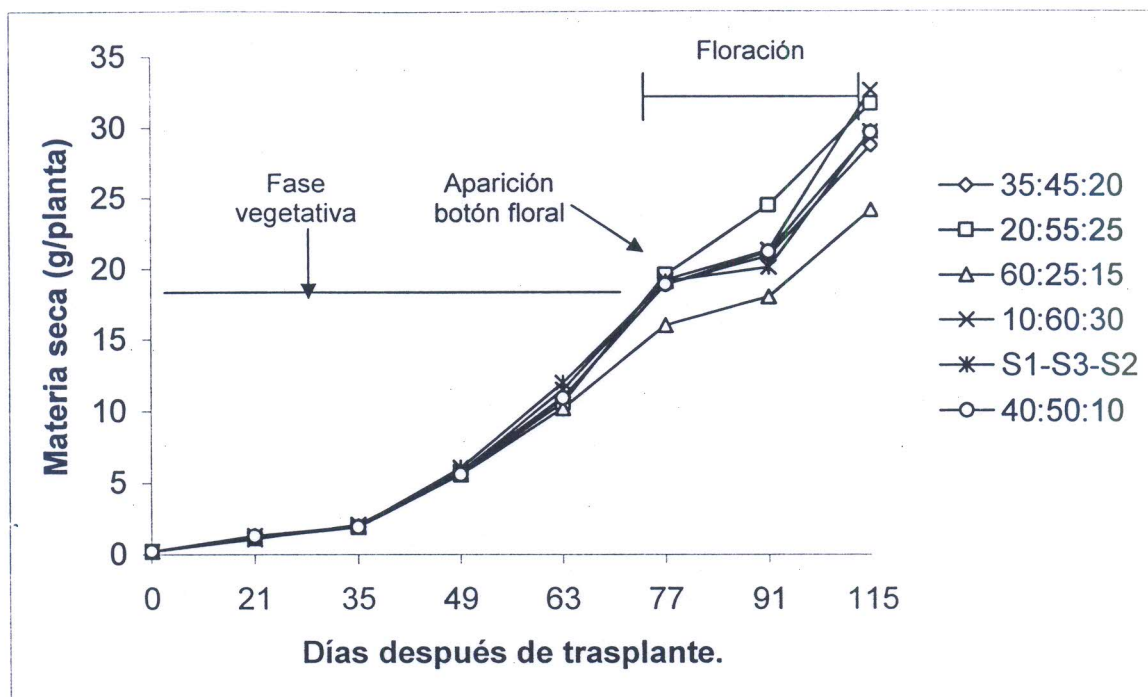


Figura 3. Materia seca total del cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg

La relación 10:60:30 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T4) a los 115 días de transplante fue la que generó mayor acumulación de materia seca (32.6 g), y la solución nutritiva empleada en este tratamiento se diseñó con bajo contenido de K^+ y altos valores de Ca^{++} , Mg^{++} .

La relación 60:25:15 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T3) a partir del día 63 en adelante se caracterizó por inducir un menor incremento de materia seca y en el día 115 fue el tratamiento que más bajos contenidos de esta variable obtuvo (24.14 g), su composición era: alto contenido de K^+ , bajo Ca^{++} y medio bajo Mg^{++} (Cuadro A, Cuadro 22 y Figura 3). Estas diferencias en biomasa se deben a que con altos contenidos de calcio la planta tiene un mejor crecimiento y desarrollo, debido a que muchos eventos en las plantas están bajo la influencia del calcio, así por ejemplo la división celular, la elongación celular, movimientos trópicos, secreción

de proteínas y expresión de genes, son buenos ejemplos de cómo el Ca juega un papel importante en el desarrollo y crecimiento de las plantas. También es importante mencionar que la actividad fotosintética resulta afectada por que con altos contenidos de K hay antagonismo con magnesio y se lleva acabo una deficiente fotosíntesis (Allan y Trewavas, 1987).

En la relación 10:60:30 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T4), también se encontró que a los 77 DDT (momento de aparición del botón floral) se había formado el 66.4 % del peso seco total de las plantas bajo este tratamiento (Figura 4). En contraste con las plantas tratadas con la relación 60:25:15 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T3) que en el momento de la aparición del botón floral solo habían formado el 58.8% del peso seco total, lo cual muestra como el tratamiento 3 tiene una formación de de biomasa por debajo del tratamiento 4 (Figura 5).

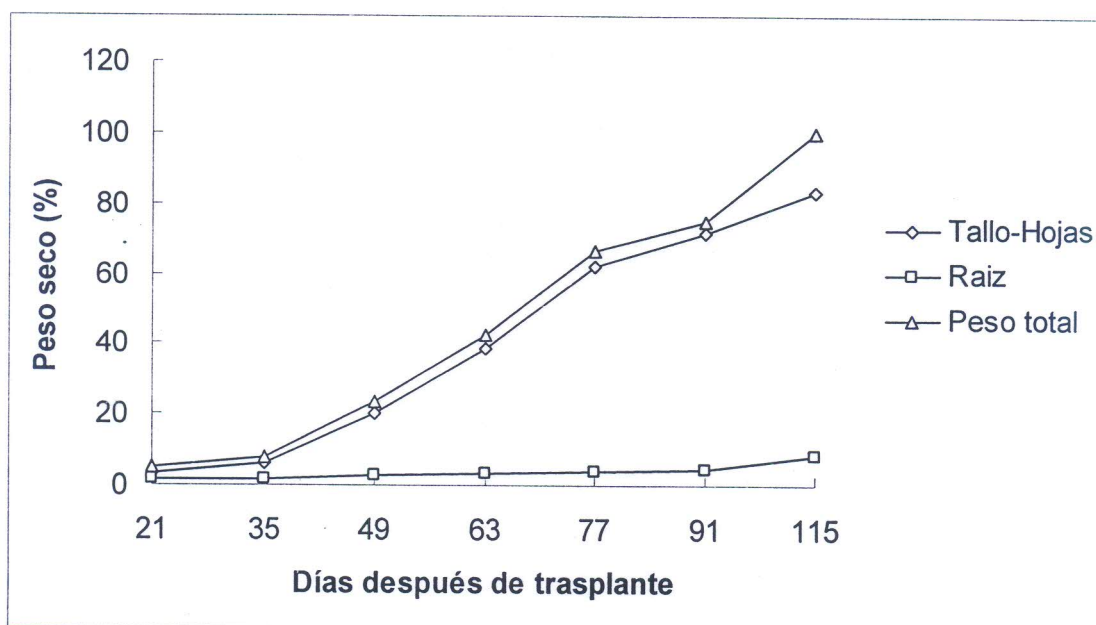


Figura 4. Porcentaje de formación de materia seca del cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo con la relación 10:60:30 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T4)

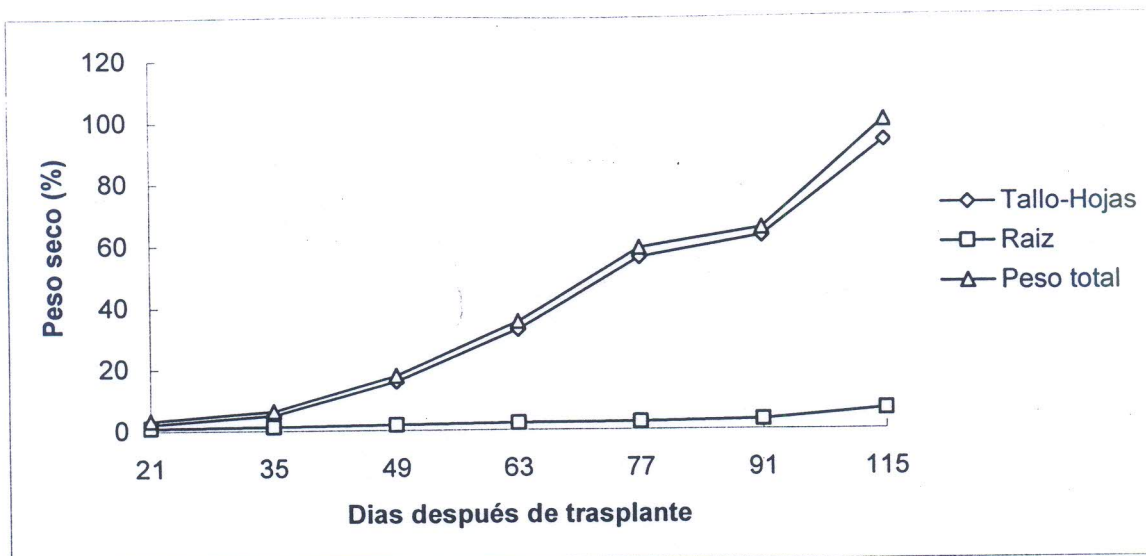


Figura 5. Porcentaje de formación de materia seca del cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo con la relación 60:25:15 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T3)

Por esto al tener contenidos altos de Ca y Mg con la relación 10:60:30 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T4) se tuvo un mejor crecimiento y en especial en la etapa final del cultivo, a diferencia de la relación 60:25:15 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (T3) que tenía valores de K alto y Ca y Mg bajos. El antagonismo que tiene el K con el Mg y en este caso la gran diferencia en la relación $K^+ : Mg^{++}$ hace que la planta tenga una menor acumulación de biomasa total y un menor tiempo de vida en anaquel de las flores.

Las relaciones 35:45:20; $S_1-S_3-S_2$; 40:50:10 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} generaron una acumulación de biomasa similar entre si y no presentaron diferencias significativas durante todo el ciclo de cultivo. La distribución de biomasa total de la planta se dio de la siguiente manera: a los 21 DDT el porcentaje de peso seco de raíz estuvo alrededor de 30% y el peso seco aéreo (hojas-tallo) el 70%. El porcentaje de raíz fue decreciendo al pasar los días y el del peso seco aéreo fue aumentado. Pero después del día 91 la distribución de biomasa se presentó de la siguiente manera: peso seco aéreo 85.5% peso seco de raíz 6.8% y flor 7.6% (Cuadro 22).

Cuadro 22. Acumulación de materia seca y su distribución en el cultivo de crisantemo "Eleonora", en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	T	Peso seco aéreo (g)	Peso seco flor (g)	Peso seco raiz (g)	Peso seco total (g)	Peso seco aéreo (%)	Peso seco flor (%)	Peso seco raiz (%)
21	35:45:20	0.89a		0.37a	1.26a	70.7		29.3
	20:55:25	0.78a		0.41a	1.19a	65.8		34.2
	60:25:15	0.78a		0.38a	1.16a	67.2		32.8
	10:60:30	0.72a		0.35a	1.08a	66.9		33.1
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.87a		0.45a	1.32a	65.8		34.2
	40:50:10	0.85a		0.46a	1.30a	65.0		35.0
35	35:45:20	1.46a		0.47a	1.90a	77.1		22.9
	20:55:25	1.57a		0.35a	1.90a	82.8		17.2
	60:25:15	1.47a		0.40a	1.90a	77.5		22.5
	10:60:30	1.66a		0.42a	2.10a	79.0		21.0
	S ₁ -S ₃ -S ₂	1.63a		0.39a	2.00a	81.6		18.4
	40:50:10	1.48a		0.39a	1.90a	77.8		22.2
49	35:45:20	5.12a		0.70a	5.80a	88.2		11.8
	20:55:25	5.07a		0.63a	5.70a	89.0		11.0
	60:25:15	4.86a		0.71a	5.60a	86.8		13.2
	10:60:30	5.21a		0.62a	5.80a	89.9		10.1
	S ₁ -S ₃ -S ₂	5.33a		0.72a	6.10a	87.4		12.6
	40:50:10	4.97a		0.67a	5.60a	88.7		11.3
63	35:45:20	10.13a		0.89a	11.00a	92.1		7.9
	20:55:25	9.77a		0.85a	10.60a	92.2		7.8
	60:25:15	9.25a		0.92a	10.20a	90.6		9.4
	10:60:30	10.68a		0.80a	11.50a	92.9		7.1
	S ₁ -S ₃ -S ₂	10.94a		1.03a	12.00a	91.2		8.8
	40:50:10	9.95a		0.93a	10.90a	91.2		8.8
77	35:45:20	17.49a		1.43a	18.90a	92.5		7.5
	20:55:25	18.63a		1.01a	19.60a	95.1		4.9
	60:25:15	14.96a		1.01a	16.00a	93.5		6.5
	10:60:30	18.18a		1.03a	19.20a	94.7		5.3
	S ₁ -S ₃ -S ₂	17.72a		1.39a	19.10a	92.7		7.3
	40:50:10	17.53a		1.41a	18.90a	92.8		7.2
91	35:45:20	19.84b		1.02a	20.90b	94.9		5.1
	20:55:25	23.76a		0.73a	24.50a	97.0		3.0
	60:25:15	17.18b		0.85a	18.00b	95.4		4.6
	10:60:30	20.46b		0.85a	21.30b	96.1		3.9
	S ₁ -S ₃ -S ₂	18.92b		1.14a	20.10b	94.1		5.9
	40:50:10	19.80b		1.42a	21.20b	93.4		6.6
115	35:45:20	24.64a	2.18a	1.92a	28.74b	85.8	7.5	6.7
	20:55:25	27.54a	2.28a	1.82a	31.64a	87.2	7.0	5.8
	60:25:15	20.04a	2.06a	2.04a	24.14b	83.2	8.4	8.4
	10:60:30	28.06a	2.39a	2.13a	32.60a	86.1	7.4	6.5
	S ₁ -S ₃ -S ₂	25.51a	2.15a	2.00a	29.70b	85.9	7.4	6.7
	40:50:10	25.23a	2.44a	1.88a	29.60b	85.2	8.4	6.4

T = Se refiere a la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} en porcentaje de cationes en la solución nutritiva.

S₁-S₃-S₂ = En este tratamiento se rotaron soluciones.

DDT = Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada columna y en cada variable, no son diferentes estadísticamente según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

2. Tasa de crecimiento relativo

El componente básico del análisis de crecimiento, es la tasa de crecimiento relativo de la planta o del cultivo (TCR). Esta se define en cualquier instante del tiempo como el incremento del material presente y es el único componente del análisis de crecimiento que no requiere el conocimiento del tamaño del sistema asimilatorio, por lo tanto la tasa de crecimiento relativo es la pendiente instantánea de la curva $\log^{-1}$ peso con relación al tiempo y sus unidades son gramos por día (g g d^{-1}) (Coombs *et al*, 1988).

El comportamiento de las plantas en los tratamientos se caracterizó por presentar una tasa de crecimiento relativo (TCR) similar sin diferencias significativas (Cuadro B). Desde el trasplante la tasa de crecimiento relativo fue constante logrando su máximo valor en el día 50, esta alta TCR va asociada con la etapa de crecimiento vegetativo del cultivo de crisantemo, en esta fase es cuando las plantas tienen una alta formación de materia seca, y se fortalecen para poder transportar elementos a los meristemas reproductivos y flores posteriormente (Figura 6, Cuadro C y 23).

Del día 50 hasta el 90 se registra una disminución en la TCR debido a que va decreciendo la formación de materia seca y la planta ha comenzado a prepararse para los procesos de floración, tales como la iniciación, diferenciación y formación de botón floral. Esta etapa fenológica se caracteriza por la distribución de fotosintatos a las zonas reproductivas de la planta y así favorecer los procesos relacionados directamente con la floración (Figura 6, Cuadro C y 23).

Del día 91 al 115 se puede apreciar un aumento en la TCR, debido a que en este momento el botón floral esta en pleno crecimiento y desarrollo, lo cual hace que se tenga un aumento de materia seca en esta estructura, al igual que un transporte de elementos hacia la flor (Figura 6, Cuadro C y 23).

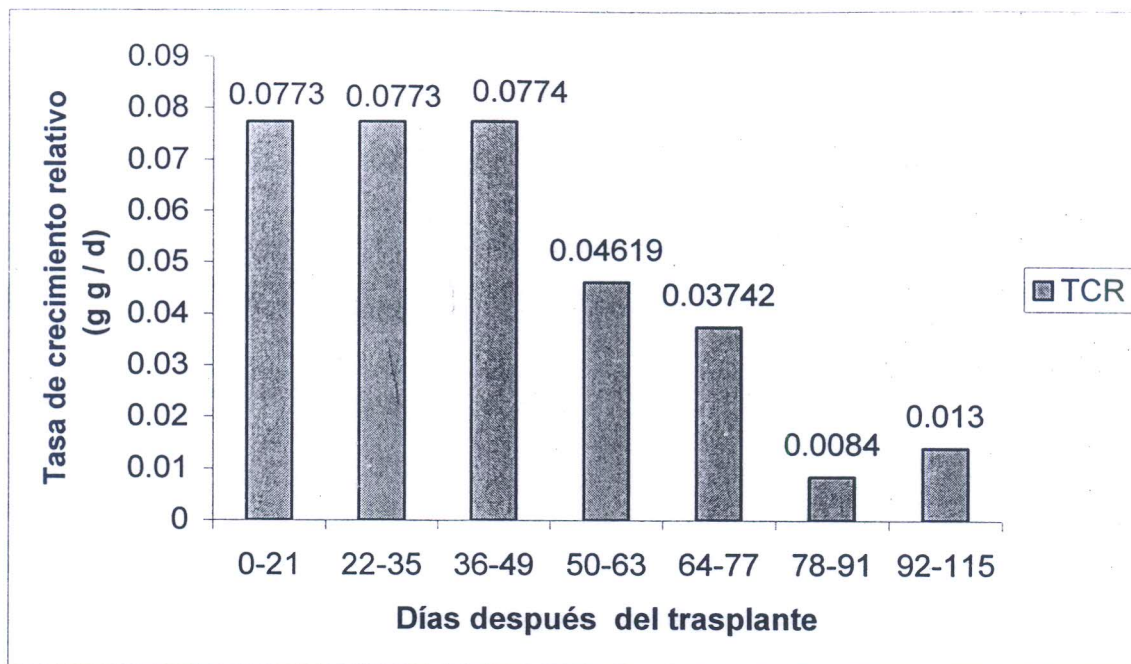


Figura 6. Tasa de crecimiento relativo para el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo de cultivo en función de las relaciones K, Ca y Mg.

Cuadro 23. Promedios de tasa de crecimiento relativo (TCR) en crisantemo "Eleonora".

Intervalo	Relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}	TCR (g d ⁻¹)
0-21	35:45:20	0.0784a
	20:55:25	0.0758a
	60:25:15	0.0742a
	10:60:30	0.0700a
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.0802a
	40:50:10	0.0795a
22-35	35:45:20	0.0784a
	20:55:25	0.0758a
	60:25:15	0.0742a
	10:60:30	0.0700a
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.0802a
	40:50:10	0.0795a
36-49	35:45:20	0.0777a
	20:55:25	0.0758a
	60:25:15	0.0772a
	10:60:30	0.0731a
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.0778a
	40:50:10	0.0784a
50-63	35:45:20	0.0448a
	20:55:25	0.0439a
	60:25:15	0.0428a
	10:60:30	0.0481a
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.0484a
	40:50:10	0.0469a
64-77	35:45:20	0.0384a
	20:55:25	0.0429a
	60:25:15	0.0321a
	10:60:30	0.0359a
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.0329a
	40:50:10	0.0395a
78-91	35:45:20	0.0068a
	20:55:25	0.0153a
	60:25:15	0.0083a
	10:60:30	0.0094a
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.0035a
	40:50:10	0.0080a
92-115	35:45:20	0.0133a
	20:55:25	0.0101a
	60:25:15	0.0121a
	10:60:30	0.0175a
	S ₁ -S ₃ -S ₂	0.0158a
	40:50:10	0.0137a

T: Se refiere a las relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

TCR: Tasa de crecimiento relativo.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada columna y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$).

Intervalo en días.

3. Concentración de nutrimentos en plantas de crisantemo

Las relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} afectaron las concentraciones nutrimentales de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn en plantas de crisantemo a lo largo del ciclo (Cuadro D)

Potasio

En el caso de K se encontraron diferencias significativas en los muestreos realizados a los días 35, 49 y 63 DDT (Cuadro 24), pudiéndose observar que la relación 35:45:20 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} (T1), genero las concentraciones mas altas de K en la planta. Las concentraciones mas bajas se obtuvieron en el tratamiento 4 que tuvo la relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} y que tuvo una mayor vida en anaquel (Cuadro 34), lo cual demuestra que el contenido y la acumulación de K en la biomasa aérea varia en relación directa con la concentración de K presente en la solución nutritiva, esto indica que hay que hacer un manejo racional de potasio ya que aplicaciones excesivas de este elemento no repercutirán en una mayor calidad de la producción (Bugarin *et al.*, 2001).

Cuadro 24. Concentración de K (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	4.48a	3.42a	4.17a	3.43a	3.57a	2.70a
35	5.68b	5.32b	5.82b	4.68b	6.42a	5.90b
49	6.83a	6.34b	6.58b	4.89c	6.43b	6.64b
63	5.36a	4.68b	4.91b	3.14b	4.96b	5.20a
77	5.26a	4.51a	5.42a	3.82a	5.74a	5.66a
91	5.11a	4.38a	5.03a	4.34a	5.34a	4.79a
115	4.65a	5.52a	6.30a	4.74a	5.10a	5.47a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Calcio

Las relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} afectaron las concentraciones de Ca en todo el ciclo de cultivo, con excepción de los muestreos 3 y 4 que correspondieron a los días 49 y 63 DDT. Altas concentraciones de Ca en la planta están asociadas con la solución que tenía la relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} (T4) alta en Ca y Mg. Pudiéndose observar que el crisantemo tiene altos requerimientos de calcio a lo largo de todo su cultivo. (Cuadro 25). El calcio puede aplicarse en altas concentraciones y se puede encontrar en mas del 10% del peso seco de la planta, por ejemplo en hojas maduras con altos contenidos de calcio no hay síntomas de toxicidad o de inhibición de crecimiento (Marschner, 1995). Las menores concentraciones de calcio en los diferentes muestreos fueron en las plantas tratadas con la solución que tenía la relación 60:25:15 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} . Dichas plantas no solo concentraron bajas cantidades de calcio, sino que tuvieron los más bajos promedios de materia seca, notándose a partir del comienzo de la floración (Figura 3).

Cuadro 25. Concentración de Ca (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	0.89b	0.88b	0.72c	0.98a	0.87b	0.82c
35	0.93b	0.95b	0.78c	1.10a	0.98b	0.94b
49	0.93a	0.75a	0.77a	0.93a	0.85a	0.92a
63	0.61a	0.64a	0.60a	0.68a	0.62a	0.64a
77	0.46b	0.47b	0.59b	0.78a	0.61b	0.75a
91	0.65b	0.60b	0.55b	0.77a	0.65b	0.66b
115	0.87a	0.92a	0.69b	0.94a	0.84b	0.90a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Magnesio

Se tuvieron diferencias significativas en todos los muestreos, lo cual indica que las diferentes relaciones de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} afectaron la concentración de este elemento en hojas-tallo. Los promedios mas altos de concentración de magnesio estuvieron siempre en el tratamiento 4 que contenía una relación de 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} y los valores mas bajos de concentración de Mg se encontraron en las plantas tratadas con la relación 60:25:15 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} correspondiente al tratamiento 3 (Cuadro 26). Lo cual está ligado a los altos y bajos contenidos de magnesio en las respectivas soluciones.

Es importante mencionar que al tener altas cantidades de K y una baja relación de Ca o de Mg, se presenta un antagonismo entre el K y estos dos elementos, llegando a afectar el crecimiento y la absorción de Ca y Mg.

Cuadro 26. Concentración de Mg (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	$S_1-S_3-S_2$	40:50:10
21	0.82b	0.93b	0.81b	1.09a	0.91b	0.80b
35	0.80c	0.90b	0.71c	1.03a	0.71c	0.70c
49	0.68b	0.81b	0.71b	0.89a	0.70b	0.64b
63	0.45b	0.62a	0.51b	0.62a	0.52b	0.37b
77	0.33b	0.39b	0.39b	0.53a	0.35b	0.34b
91	0.35c	0.53a	0.41b	0.48b	0.35c	0.25c
115	0.32b	0.51a	0.29b	0.43b	0.33b	0.27b

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Nitrógeno

Es importante mencionar que, la variación de los niveles de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} en las soluciones nutritivas no afectó la concentración de N en la planta (Cuadro 27).

Cuadro 27. Concentración de N (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	$S_1-S_3-S_2$	40:50:10
21	2.28a	1.64a	1.82a	2.21a	2.37a	2.25a
35	1.91a	2.72a	2.24a	2.77a	2.77a	2.08a
49	2.60a	2.33a	2.41a	2.71a	2.46a	2.35a
63	2.60a	2.43a	2.34a	2.38a	2.28a	2.53a
77	1.62a	1.44a	1.68a	1.59a	1.66a	1.59a
91	1.53a	1.38a	1.50a	1.48a	1.63a	1.47a
115	1.31a	1.30a	1.21a	1.23a	1.14a	1.30a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Fósforo

A pesar de que los niveles de P en las diferentes soluciones nutritivas evaluadas fueron constantes, la solución nutritiva con mas alto contenido de Ca y Mg (T4) favoreció la concentración de P en el tejido de la planta pero solo hasta los 35 DDT, Esto se debió al estrés de la planta después del trasplante, aunque Arciniega (1999) dice que se puede presentar antagonismo entre Mg y P, razón por la que este tratamiento pudo absorber mas P a diferencia de las otras relaciones (Cuadro 28). Arbos (1992) encontró en plantas sin deficiencias concentraciones de 0.23 a 0.59% de P, permitiendo comprobar que las plantas de la investigación tuvieron concentraciones adecuadas a lo largo de su ciclo.

Cuadro 28. Concentración de P (%) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	$S_1-S_3-S_2$	40:50:10
21	0.37a	0.35c	0.37b	0.38a	0.32c	0.31c
35	0.36b	0.39b	0.38b	0.42a	0.39b	0.32b
49	0.48a	0.56a	0.53a	0.59a	0.56a	0.54a
63	0.38a	0.52a	0.43a	0.39a	0.42a	0.46a
77	0.40a	0.40a	0.39a	0.42a	0.42a	0.43a
91	0.45a	0.43a	0.45a	0.46a	0.46a	0.45a
115	0.38a	0.38a	0.41a	0.42a	0.42a	0.43a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Hierro

La concentración de Fe en hojas y tallo solo fue significativa en el muestreo realizado a los 63 días después de trasplante, la relación 40:50:10 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} correspondiente al tratamiento 6 fue la de mayor promedio en la acumulación de hierro (Cuadro 29), esto debido a la competencia por cargas entre Fe y Mg, siendo favorable hacia Fe porque Mg se encontraba en baja concentración en esta solución nutritiva, teniendo relación con lo encontrado por Ligne (1963), quien observó que la toma de Fe es considerablemente influenciada por otros cationes dependiendo del efecto de competencia en la absorción, esto lo evidencio con Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Zn^{2+} .

Cuadro 29. Concentración de Fe (mg kg^{-1}) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	$\text{S}_1\text{-S}_3\text{-S}_2$	40:50:10
21	217a	229a	183a	192a	219a	201a
35	299a	365a	325a	359a	240a	337a
49	187a	196a	217a	144a	166a	196a
63	117b	136b	116b	116b	114b	142a
77	125a	132a	128a	145a	140a	155a
91	170a	150a	157a	165a	156a	164a
115	140a	132a	132a	133a	161a	133a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Manganeso

No fue significativo en los muestreos realizados a los 21 y 35 días, caso contrario se encontró en los muestreos posteriores hasta llegar a la cosecha, es importante mencionar que los promedios mas altos de concentración de Mn estaban en la relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} correspondiente al tratamiento 4 (Cuadro 30). Se encontraron bajas concentraciones de potasio ya que la absorción de este, es afectada ligeramente por el incremento en las concentraciones de Mn por el efecto de competencia que presentan estos dos cationes (Heenan y Campbell, 1981).

Cuadro 30. Concentración de Mn (mg kg^{-1}) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	$\text{S}_1\text{-S}_3\text{-S}_2$	40:50:10
21	50a	41a	39a	44a	42a	38a
35	52a	53a	44a	61a	49a	44a
49	67b	71a	54b	78a	67b	66b
63	39b	45b	37b	59a	42b	37b
77	45b	53b	40b	64a	54b	50b
91	43b	50b	37b	60a	45b	47b
115	59b	69b	54b	86a	77b	68b

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cobre

Las concentraciones de cobre en hojas-tallo solo fueron significativas en los muestreos realizados a los 35 y 49 días después de trasplante, los promedios mas altos de concentración se encontraron en la relacion 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} correspondiente al tratamiento 4 para el caso del muestreo a los 35 días, y para el muestreo de los 49 días el tratamiento 4 obtuvo el segundo promedio mas alto después del tratamiento 6 (Cuadro 31).

Cuadro 31. Concentración de Cu (mg kg^{-1}) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	$\text{S}_1\text{-S}_3\text{-S}_2$	40:50:10
21	0.09a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
35	0.33b	0.24b	0.37b	0.81a	0.43b	0.54b
49	1.97b	1.44b	1.38b	1.99b	1.94b	2.99a
63	0.00a	0.06a	0.00a	0.00a	0.08a	0.07a
77	0.03a	0.01a	0.00a	0.00a	0.10a	0.00a
91	0.26a	0.38a	0.30a	0.88a	0.73a	0.63a
115	0.02a	0.06a	0.33a	0.70a	0.63a	0.48a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada columna y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Zinc

Las concentraciones de Zn no fueron significativas a lo largo de los muestreos realizados en el cultivo de crisantemo, con excepción del muestreo 4 que se realizó a los 63 días después del trasplante, el tratamiento 3 cuya relación fue 60:25:15 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , obtuvo el mas alto promedio de concentración de Zn (Cuadro 32).

Cuadro 32. Concentración de Zn ($mg\ kg^{-1}$) en plantas (parte aérea) de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo de cultivo en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	$S_1-S_3-S_2$	40:50:10
21	7a	17a	15a	3a	5a	6a
35	26a	23a	23a	24a	23a	23a
49	19a	16a	15a	15a	14a	14a
63	13b	14b	15a	13b	11b	10b
77	12a	12a	11a	12a	10a	9a
91	11a	12a	11a	13a	12a	10a
115	4a	7a	6a	5a	5a	8a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Concentración nutrimental en flor de crisantemo.

Las relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} no afectaron la concentración en flor de los elementos N, P, K, Mn, Fe y Mn, pero estas relaciones si afectaron las concentraciones de Ca, Cu y Zn (Cuadro D).

Para el calcio el promedio de concentración mas alto en flor fue el correspondiente a la relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y la concentración mas baja se encontró en plantas a las que se les aplico la relación 60:25:15 de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} correspondiente al tratamiento 3, que por cierto fue de los de menos días de vida en anaquel (Cuadro 34), caso contrario del tratamiento 4 que fue el de mayor vida en anaquel (Cuadro 33). Algunas investigaciones reportan que altos contenidos de

calcio reducen la actividad respiratoria en las plantas y con ella la producción de etileno, logrando de esta forma retardar la senescencia y en consecuencia aumentar el tiempo de poscosecha (Rui y Daril, 1984).

Cuadro 33. Nutrimientos concentrados en flor, (115 DDT), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

Relaciones	Nutrimientos concentrados en flor								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	%					(mg kg ⁻¹)			
35:45:20	1.51a	0.48a	2.98a	0.34b	0.35a	80a	28a	2.92b	55a
20:55:25	1.38a	0.45a	3.29a	0.29b	0.34a	75a	26a	2.96b	62a
60:25:15	1.39a	0.48a	3.09a	0.24b	0.33a	76a	26a	2.85b	59a
10:60:30	1.37a	0.48a	3.00a	0.39a	0.35a	91a	36a	4.72a	47b
S ₁ -S ₃ -S ₂	1.47a	0.45a	2.31a	0.28b	0.32a	91a	35a	3.42b	61a
40:50:10	1.34a	0.48a	2.12a	0.31b	0.28a	76a	30a	3.65b	29b

Promedios seguidos por la misma letra, en cada columna y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

La concentración de Cu en flor también fue alta en el tratamiento 4 y baja en el tratamiento 3, teniendo un comportamiento similar al de la concentración de Ca en la flor.

Para el Zn la mas alta concentración en flor se encontró en los tratamientos 2 y 5 cuyas relaciones fueron 20:55:25 de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y S₁-S₃-S₂ respectivamente.

Cuadro 34. Vida en anaquel (d) en flores de crisantemo "Eleonora" en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
Vida anaquel	9c	9c	9c	14b	14b	15a

Vida en anaquel en días.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

4. Acumulación nutrimental en hojas-tallo

Las relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} afectaron la acumulación de Ca, Mg, Mn, Cu y Zn en la parte aérea (hojas, tallo y flor) a lo largo del ciclo del cultivo (Cuadro 35)

Cuadro 35. Pruebas de significancia de análisis de varianza para los nutrimentos evaluados en el cultivo de crisantemo a lo largo de su ciclo en respuesta a la variación de las relaciones K, Ca y Mg.

DDT ¹	Elementos acumulados en planta entera								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
21	ns (31.3)	ns (13.2)	ns (28.3)	0.0433 (13.2)	ns (12.7)	ns (15.9)	ns (18.0)	ns (282)	ns (88.3)
35	ns (25.7)	ns (12.8)	0.0317 (11.9)	0.0001 (8.3)	0.0001 (9.3)	ns (30.8)	0.0008 (12.2)	0.0198 (51.3)	ns (8.6)
49	ns (30.5)	ns (12.1)	ns (13.9)	ns (16.3)	ns (16.9)	ns (23.8)	ns (20.2)	0.0041 (25.4)	ns (28.9)
63	ns (15.4)	ns (27.2)	ns (21.9)	ns (15.7)	0.0162 (20.8)	0.0074 (8.3)	ns (21.7)	ns (305.7)	0.0380 (13.3)
77	ns (17.7)	ns (16.4)	ns (23.6)	0.0058 (21.7)	0.0043 (17.7)	ns (17.9)	ns (17.3)	ns (365.4)	ns (29.16)
91	ns (19.8)	ns (11.6)	ns (12.9)	0.0155 (16.1)	0.0001 (20.2)	ns (19.3)	ns (17.5)	ns (62.2)	0.0248 (16.9)
115	ns (17.2)	ns (15.1)	ns (22.4)	ns (17.3)	ns (34.4)	ns (15.6)	0.0020 (15.6)	0.0170 (51.2)	ns (20.5)

DDT¹ = Días después del trasplante.

ns² = No significativa.

El coeficiente de variación se encuentra entre paréntesis.

Nitrógeno y fósforo

En el caso de N y P las relaciones K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} no afectaron la acumulación de estos nutrimentos en la planta, pues no se encontraron diferencias significativas en los muestreos realizados en diferentes estados de desarrollo del cultivo. Los niveles de N y P siempre se mantuvieron constantes en todas las soluciones nutritivas, por este motivo y al no encontrarse diferencias estadísticas se puede decir que las variaciones de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , no afectaron la acumulación de estos elementos (N y P) (Figuras 7 y 8).

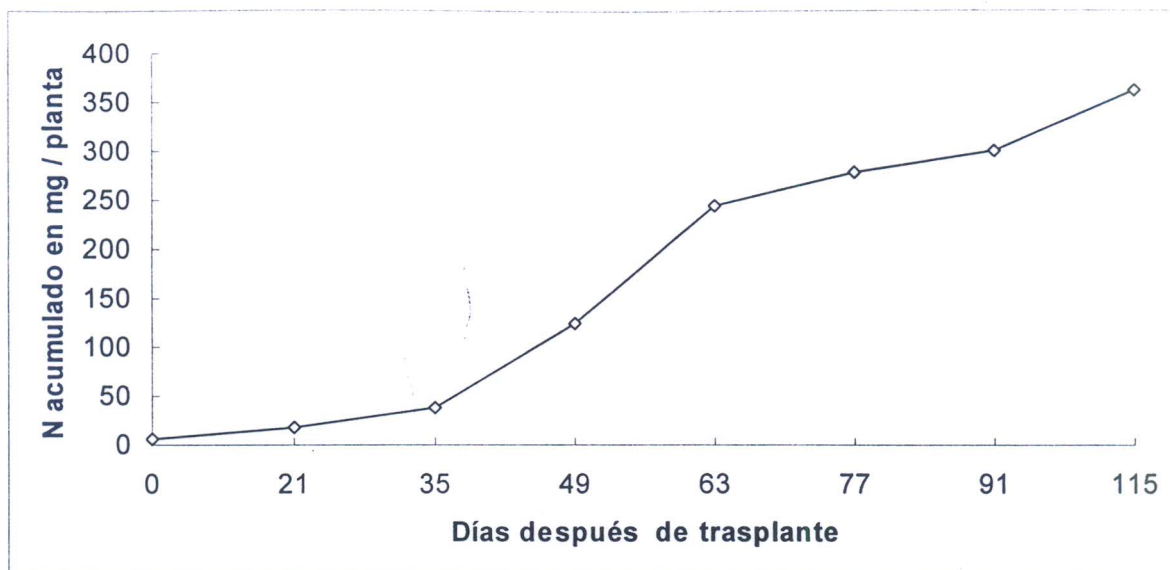


Figura 7. Acumulación de N en planta entera en el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg

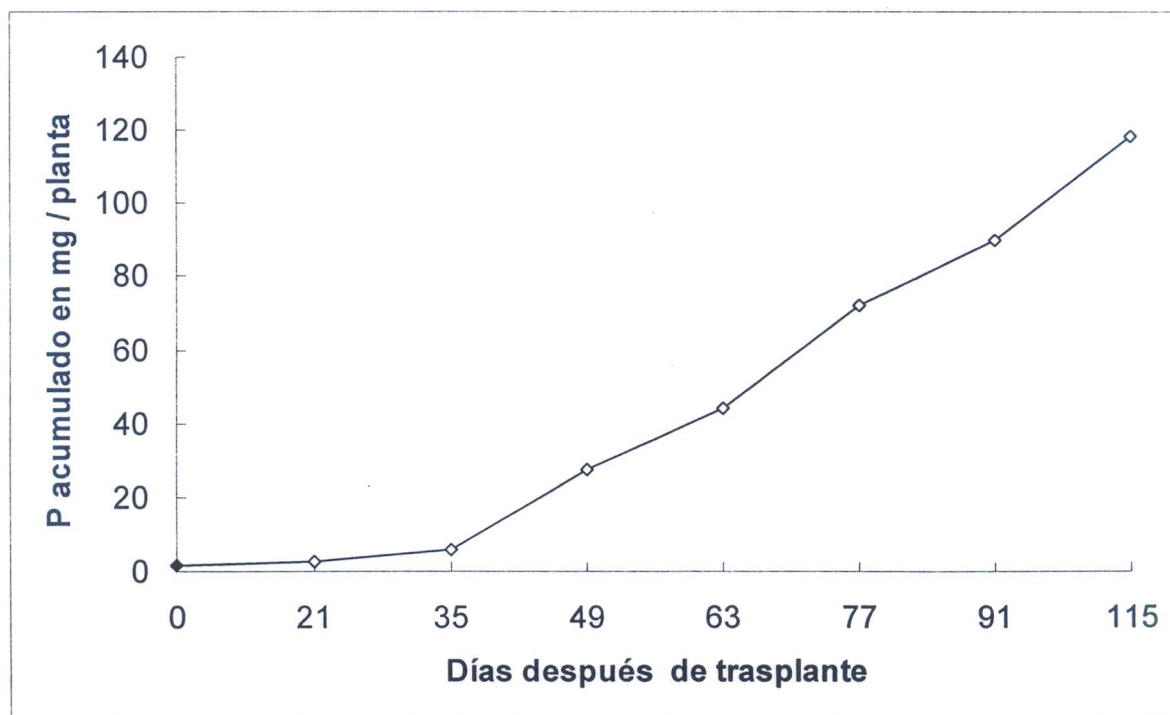


Figura 8. Acumulación de P en planta entera en el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg

Potasio

A pesar de variar los niveles de potasio en las soluciones nutritivas sólo se encontraron diferencias significativas a los 35 DDT, esto pudo haberse presentado porque en los primeros días las plantas estuvieron sometidas a un estrés de trasplante lo cual influye en la acumulación nutrimental y en muchos otros procesos fisiológicos. Después del trasplante no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos y esto nos está demostrando que las plantas sólo acumulan el potasio que realmente necesitan, así les suministremos altas o bajas cantidades, siempre y cuando no se este por debajo de los niveles mínimos requeridos por la planta (Figura 9). Algunas investigaciones reportan que la concentración de potasio a nivel de citoplasma se mantiene en un rango estrecho de 100 a 120 mM, al aumentar el abastecimiento de potasio en el área radical se pueden incrementar los contenidos de potasio, pero en muchos casos se pueden mantener relativamente constantes dichos contenidos. Cuando el suministro de potasio es abundante, a menudo ocurre un consumo de lujo, que requiere atención pues causa interferencia en la absorción de Mg^{++} y Ca^{++} (Marschner, 1995).

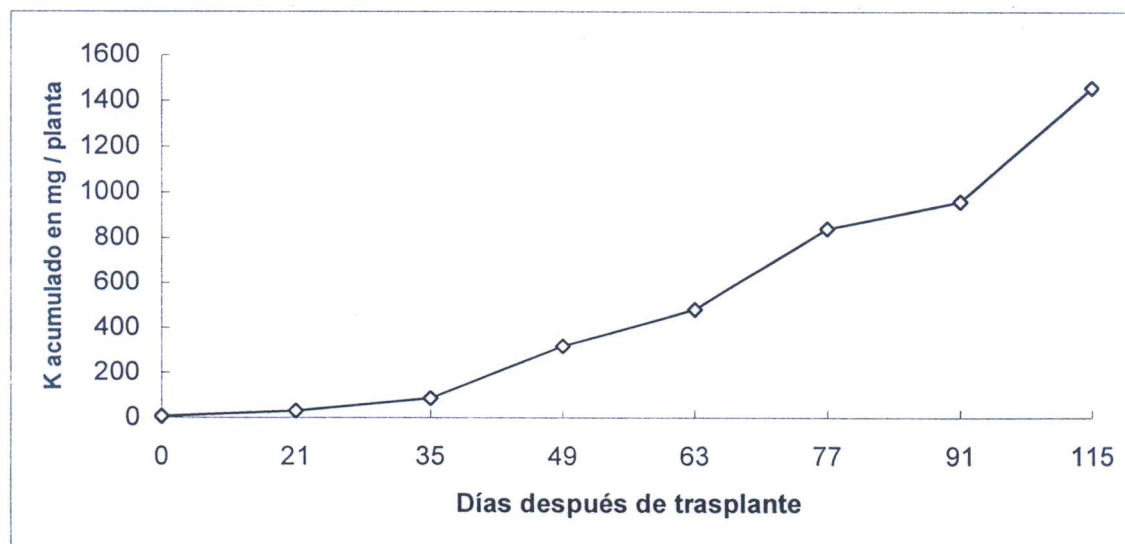


Figura 9. Acumulación de K en planta entera en el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg
Calcio

La acumulación de Ca fue afectada significativamente a los 21, 35, 77 y 91 días después del trasplante, siempre el tratamiento 4 con la relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , genero la mayor acumulación, debido a que en la relación el calcio tenía un valor alto y la planta acumuló mucho más de este nutrimento. Caso contrario se observó en la relación 60:25:15 de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , correspondiente al tratamiento 3 en donde el calcio estaba en baja proporción con respecto al potasio, en este tratamiento durante todos los muestreos mostró los valores más bajos de acumulación por planta (Cuadro 36 y Figura 10).

Cuadro 36. Ca acumulado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} (mg planta⁻¹).

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	7.9a	7.0b	5.6b	7.1b	7.7b	7.0b
35	13.8c	14.9b	11.6c	18.2a	16.0b	13.9b
49	47.9a	37.9a	37.7a	48.2a	45.5a	46.0a
63	61.6a	63.6a	56.0a	72.6a	67.9a	63.9a
77	81.1b	89.8b	82.5b	142.7a	108.2b	121.9b
91	130.8b	143.5a	94.5b	157.5a	123.3b	132.3b
115	217.0a	257.5a	185.5a	266.0a	218.9a	229.0a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

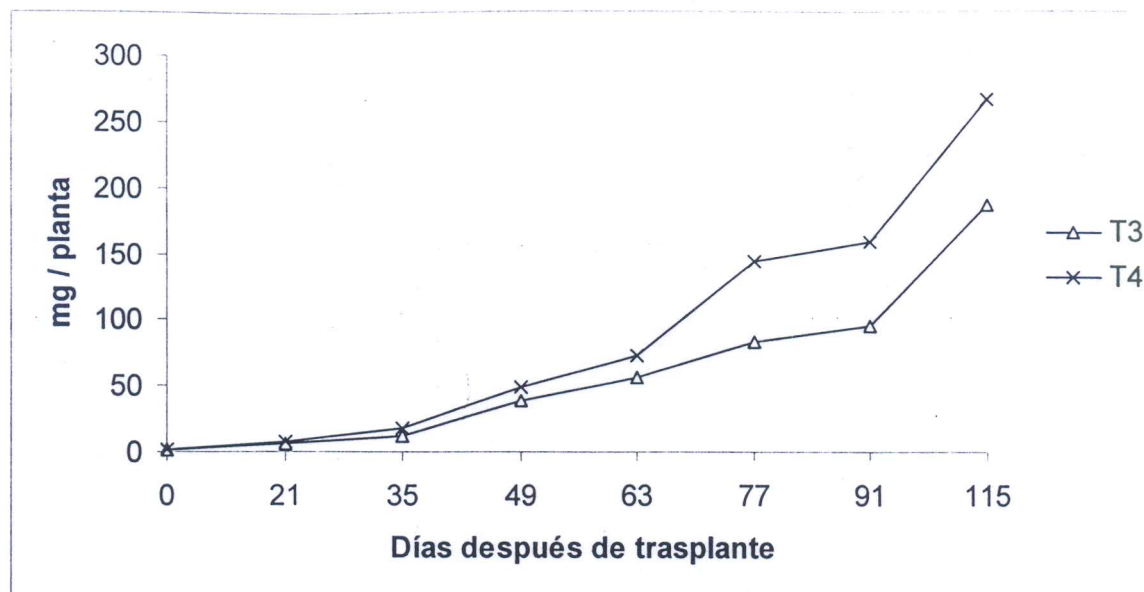


Figura 10. Acumulación de Ca en planta entera en el cultivo de crisantemo “Eleonora” a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg

Magnesio

La acumulación de Mg mostró efectos de los tratamientos a los 35, 63, 77 y 91 días después del trasplante, en los que la relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} (T4), provocó la mayor acumulación de magnesio y el tratamiento 6 con la relación 40:50:10 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , fue el de menor acumulación, debido a los bajos niveles de Mg en esta solución, ésta situación fue predominante durante todo el ciclo de cultivo (Cuadro 37 y Figura 11). Lo anterior muestra cómo con altos niveles de Mg en la solución, hay mas acumulación de este elemento en la planta o viceversa. Por otra parte altos niveles de potasio en la nutrición a menudo afectan la absorción de magnesio y al incrementar el abastecimiento de potasio se afecta la acumulación de magnesio en los diferentes órganos de la planta, así donde se incrementó el potasio, se redujo considerablemente la acumulación de magnesio en hojas y raíces (Mengel y Kirkby, 1987) y a los 77 días después del

trasplante aparecieron síntomas visibles de deficiencias de Mg y las hojas tomaron un color rojo púrpura en sus bordes y hacia la parte central de la hoja una clorosis difusa (Figura 12).

Cuadro 37. Mg concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} (mg planta⁻¹).

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	7.3a	7.7a	6.3a	7.8a	7.9a	6.7a
35	11.7c	12.9b	10.6c	17.1a	12.7c	10.4c
49	35.2a	40.8a	34.5a	45.8a	37.3a	32.3a
63	45.4b	60.4b	47.4b	66.4a	56.9b	37.3b
77	58.7b	74.9b	58.4b	95.0a	63.3b	50.8b
91	70.7b	82.4a	71.4b	99.5a	66.9b	50.5c
115	89.1a	115.9a	88.0a	131.1a	96.1a	76.4a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

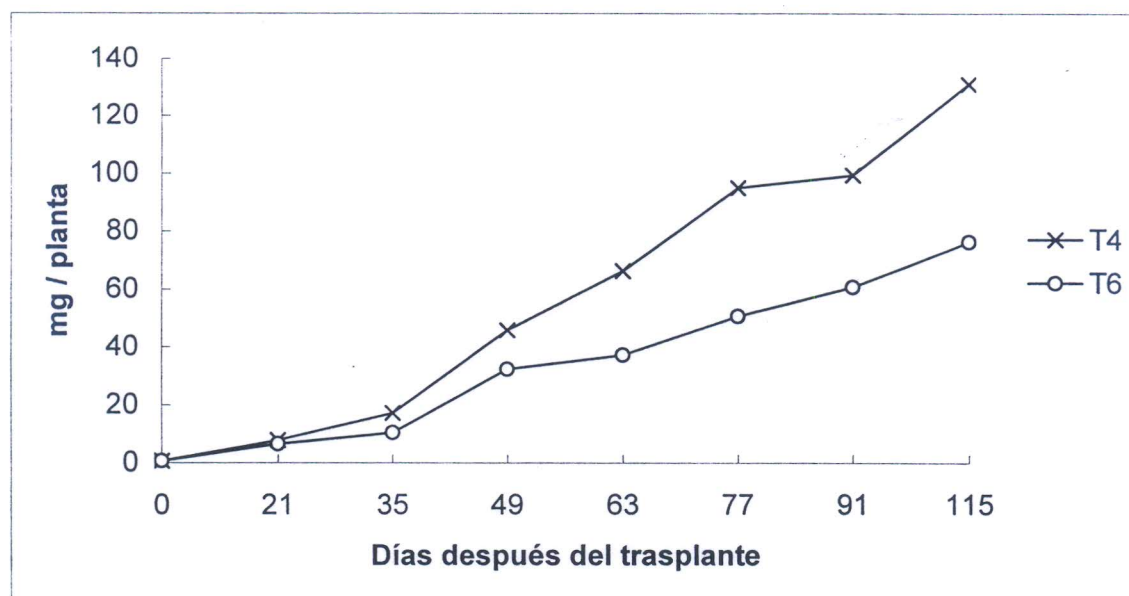


Figura 11. Acumulación de Mg en planta entera en el cultivo de crisantemo "Eleonora" a lo largo del ciclo en función de las relaciones K, Ca y Mg

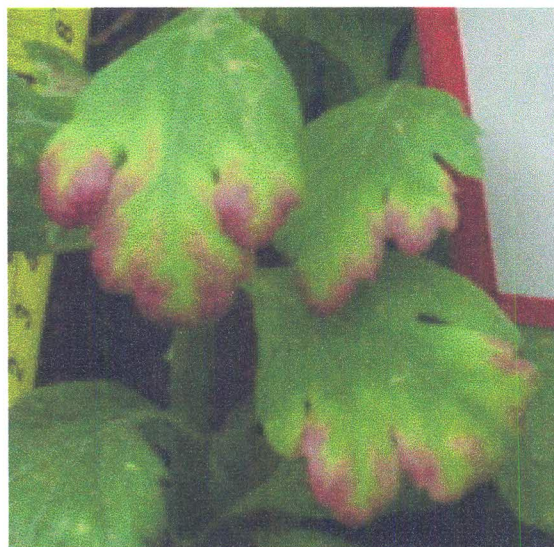


Figura 12. Hojas de crisantemo “Eleonora” con síntomas de deficiencia de Mg.

Se realizaron cortes en las hojas con sintomatología de deficiencia de Mg donde se observó al microscopio de luz que las células del parénquima de empalizada se encontraban separadas unas de otras y desordenadas respecto al empaquetamiento típico de hojas normales, como se observa en la Figura 13. Posiblemente la causa de esta desorganización puede deberse a que el Mg activa varias enzimas que participan en el metabolismo y que la falta de este nutrimento puede originar una degeneración estructural (Marinos, 1963).

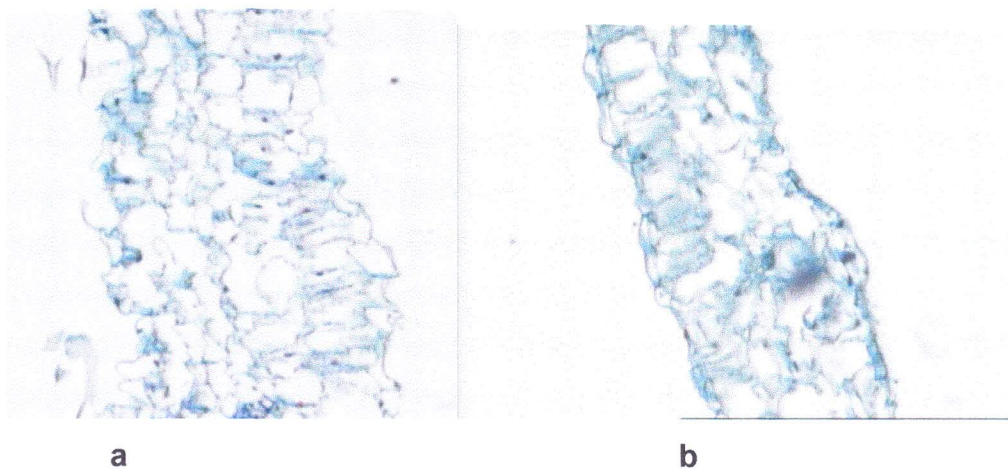


Figura 13. Corte transversal de hoja de crisantemo con deficiencia de Mg (a), sin deficiencia de Mg (b)

Hierro

Fue significativo en el muestreo realizado a los 63 días después del trasplante, siendo el tratamiento 6 con la relación 40:50:10 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , el que dio un valor mas alto en la prueba de medias de acumulación de hierro, y el tratamiento 3 de relación 60:25:15 de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , el de más baja acumulación de este nutrimento. Se debe mencionar que el nivel de hierro en todas las soluciones nutritivas empleadas fue constante. Esto nos demuestra que existió un antagonismo de hierro con potasio pues donde hubo mayor acumulación de hierro fue menor la cantidad de potasio presente en dicha solución y viceversa (Cuadro 38). La absorción de hierro es considerablemente influenciada por otros cationes. El efecto competitivo con la absorción de hierro se ha observado con Mn^{++} , Cu^{++} , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Zn^{++} (Lingle *et al.*, 1963).

Cuadro 38. Fe (mg planta⁻¹) acumulado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺.

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	0.20a	0.18a	0.14a	0.14a	0.19a	0.17a
35	0.45a	0.58a	0.48a	0.60a	0.39a	0.49a
49	0.93a	1.01a	1.04a	0.76a	0.87a	0.98a
63	1.17b	1.31b	1.08b	1.24b	1.24b	1.42a
77	2.20a	2.47a	1.92a	2.56a	2.49a	2.73a
91	3.40a	3.58a	2.73a	3.42a	2.95a	3.26a
115	3.64a	3.79a	3.72a	3.98a	4.37a	3.56a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según la prueba de medias de Tukey (P≤0.05).

Manganeso y cobre

Fueron significativos en los muestreos llevados a cabo a los 35 y 115 días después del trasplante, la relación 10:60:30 de K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺, fue la que provocó mayor acumulación de manganeso (Cuadros 39 y 40) esto obedeció a que al encontrar bajo potasio en la relación se facilitó la absorción de manganeso (Heenan y Campbell, 1981).

Cuadro 39. Mn (mg planta⁻¹) concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺.

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	0.05a	0.03a	0.03a	0.03a	0.04a	0.03a
35	0.08b	0.08b	0.07b	0.10a	0.08b	0.07b
49	0.34a	0.36a	0.27a	0.41a	0.36a	0.33a
63	0.52a	0.41a	0.37a	0.47a	0.46a	0.38a
77	0.87a	0.76a	0.60a	0.80a	0.75a	0.67a
91	0.99a	0.99a	0.69a	0.90a	0.81a	0.76a
115	1.53b	1.98b	1.46b	2.50a	2.02b	1.82b

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según prueba de medias de Tukey (P≤0.05).

Cuadro 40. Cu (mg planta⁻¹) concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺.

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
35	0.0004b	0.0003b	0.0005b	0.0013a	0.0007b	0.0007b
49	0.0097b	0.0070b	0.0066b	0.0104b	0.0102b	0.0149a
63	0.0000a	0.0005a	0.0000a	0.0000a	0.0008a	0.0007a
77	0.0006a	0.0001a	0.0000a	0.0000a	0.0018a	0.0000a
91	0.0052a	0.0095a	0.0050a	0.0183a	0.0139a	0.0124a
115	0.0070b	0.0088b	0.0152b	0.0305a	0.0241b	0.0212b

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según prueba de medias de Tukey (P≤0.05).

Zinc

Hubo diferencias significativas en el muestreo realizado a los 91 días después del trasplante. La significancia se presentó en el tratamientos 2 que tenía bajas cantidades de potasio en su relación, lo cual permite observar la competencia entre los cationes K⁺ y Zn⁺⁺ (Cuadro 41).

Cuadro 41. Zn (mg planta⁻¹) concentrado en planta entera (hojas-tallo-flor), en función de la relación K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺.

DDT	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
21	0.0069a	0.0129a	0.0124a	0.0022a	0.0050a	0.0055a
35	0.0379a	0.0374a	0.0339a	0.0398a	0.0384a	0.0339a
49	0.102a	0.0847a	0.0759a	0.0783a	0.077a	0.073a
63	0.102a	0.0847a	0.0759a	0.0783a	0.077a	0.073a
77	0.2157a	0.2444a	0.1708a	0.2233a	0.1869a	0.173a
91	0.2269b	0.3022a	0.1977b	0.2671b	0.229b	0.214b
115	0.2321a	0.3598a	0.2857a	0.2798a	0.2764a	0.2751a

DDT: Días después del trasplante.

Promedios seguidos por la misma letra, en cada fila y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, según prueba de medias de Tukey (P≤0.05).

Acumulación nutrimental en flor

Nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y hierro no presentaron diferencias significativas en cuanto a su acumulación en flor, pero para calcio, manganeso, cobre y zinc hubo diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 42). Lingle *et al* (1963) observaron el efecto competitivo de Mn^{++} , Cu^{++} , Ca^{++} , Mg^{++} , y Zn^{++} con la absorción de potasio, lo cual explica la mayor absorción de estos elementos cuando se aplicó la solución nutritiva con más bajo nivel de potasio.

Cuadro 42. Acumulación nutrimental en flor, muestreo 7 (115 DDT) en función de la relación K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

Relaciones	Nutrimentos acumulados en flor ($mg\ flor^{-1}$)								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
35:45:20	33.2a	10.7a	64.4a	7.5b	7.7a	0.18a	0.06b	0.0064b	0.1187b
20:55:25	31.6a	10.4a	74.8a	6.6b	7.7a	0.17a	0.06b	0.0068b	0.1434a
60:25:15	28.6a	9.9a	64.1a	5.0b	6.9a	0.16a	0.05b	0.0057b	0.1248b
10:60:30	32.9a	11.6a	71.9a	9.4a	8.5a	0.22a	0.09a	0.0112a	0.1151b
$S_1-S_3-S_2$	31.2a	9.7a	49.1a	6.0b	7.0a	0.19a	0.08b	0.0073b	0.1300b
40:50:10	32.8a	11.7a	51.7a	7.5b	6.9a	0.19a	0.07b	0.0088b	0.0713b

Promedios seguidos por la misma letra, en cada columna y en cada variable, no son diferentes estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En calcio el valor más alto en la prueba de comparación de medias fue el correspondiente al tratamiento 4 cuya relación fue 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} , y la acumulación mas baja fue la obtenida con el tratamiento 3 de relación 60:25:15 de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , el tratamiento 4 fue uno de los que presento mas días de vida en anaquel tuvo (14 días), esta mayor duración de días de vida poscosecha se debio a la adecuada acumulación de calcio en los tejidos de las plantas, caso contrario se presentó en el tratamiento 3 el cual tuvo un periodo de vida en anaquel de sólo 9 días lo cual permite corroborar la importancia de la acumulación de calcio en la flor (Cuadro 34 y Figuras 14 y 15). El calcio tiene un gran efecto en la disminución de la respiración, del etileno interno y de la producción de etileno así como en el control de la senescencia en los diferentes órganos de la planta (Rui y Daril, 1984).



Figura 14. Vida en anaquel día 14 tratamiento 4.



Figura 15. Vida en anaquel día 14 tratamiento 3

5. Estabilidad nutrimental en hojas de crisantemo

Como se mencionó en materiales y métodos, para esta determinación se colectó una hoja por tallo correspondiente a aquella que recientemente había llegado a la madurez y fue llevada inmediatamente al laboratorio para ser procesada y determinar las concentraciones nutrimentales (Cuadro 43).

De los 6 tratamientos estudiados se hizo un análisis estadístico, para determinar el mejor tratamiento, tomando como parámetro las variables de calidad de flor (diámetro de tallo y flor, vida en anaquel y peso seco de la planta entera). Encontrando que el mejor tratamiento fue en el que se manejó una relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} (T4) y a este tratamiento se le determinó la estabilidad nutrimental que muestra el cuadro 43.

Cuadro 43. Concentración nutrimental en en hojas según días de trasplante, correspondiente a la relación 10:60:30 de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} (T4).

DDT	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(%)			(mg Kg ⁻¹)					
26	0.86	0.16	2.26	0.83	0.84	66.75	26.82	0	7.4
35	3.49	0.71	1.07	1.01	1.30	104.62	41.58	1.47	5.87
45	1.51	0.76	1.15	0.73	0.45	80.35	48.68	1.25	17.33
55	3.23	0.72	3.34	0.86	0.96	86.62	69.35	2.23	15.25
66	1.80	0.54	3.10	0.68	0.74	79.62	59.5	1.75	24.02
76	2.68	0.51	3.48	0.69	0.75	90.21	46.91	1.02	21.16
87	1.98	0.35	5.21	0.89	0.58	85.86	102.125	1.05	16.21

La concentración mas alta de N se encontró en el día 55, P en el día 45, K y Ca en el día 87, Mg en el día 55, Fe en el día 35, Mn en el día 87, Cu en el día 55 y Zn en el día 66. Los nutrimentos disminuyeron al llegar a la floración debido a la traslocación de estos

La Figura 16 se muestra que el periodo de más estabilidad nutrimental se ubica entre los 66 y 76 días después del trasplante, días antes de la aparición del botón

floral. Por lo tanto es recomendable tomar el muestreo foliar en este periodo, ya que se estaría en posibilidad de diagnosticar oportunamente para realizar las correcciones de nutrición necesarias.

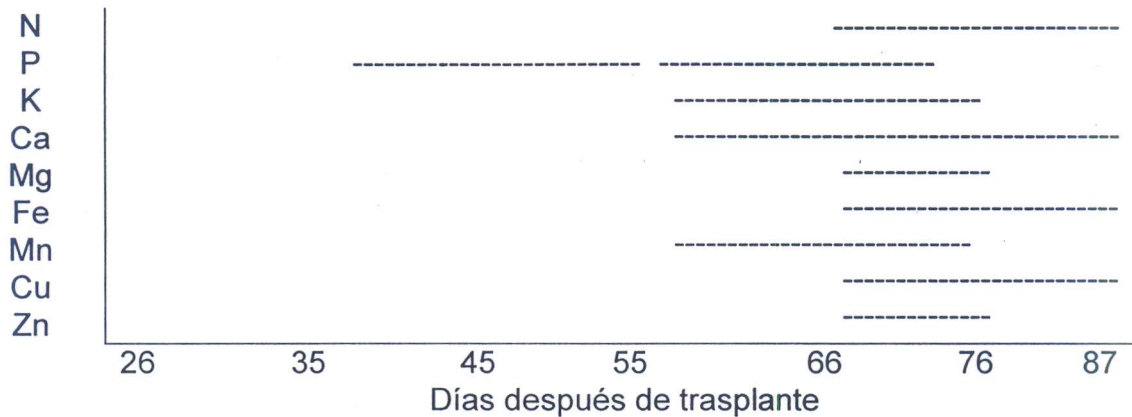


Figura 16. Estabilidad nutrimental en hojas de crisantemo.

6. Uso consuntivo en crisantemo a lo largo del ciclo de cultivo

Los requerimientos hídricos de crisantemo se estimaron entre 138.5 y 264.4 mL d⁻¹ a lo largo del ciclo (Figura 16). Los mayores requerimientos de agua se presentan después de la 7ª semana después de trasplante.

Es muy importante tener en cuenta que los consumos diarios pueden variar según las condiciones de radiación solar, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y sustrato o suelo, así como la variedad, especie, ciclo vegetativo y características morfológicas de los estomas (Aguilera y Martínez, 1996).

Las estimaciones se dan por semana debido a que al usar el sistema hidropónico las soluciones se deben ajustar semanalmente y se debe regular el suministro de solución nutritiva.

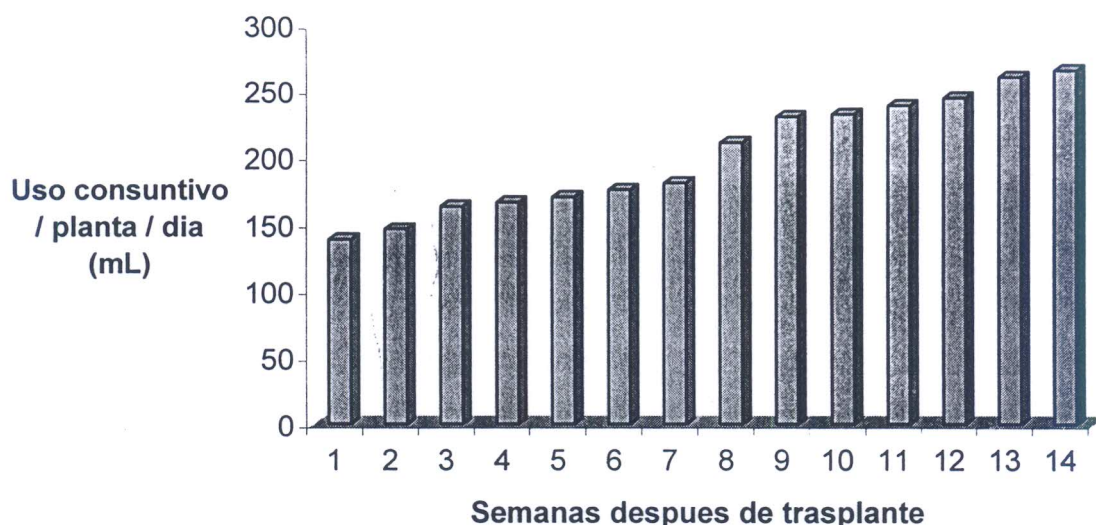


Figura 17. Uso consuntivo diario de crisantemo a lo largo del ciclo de cultivo

7. Discusión general

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que las relaciones K^+ Ca^{++} y Mg^{++} afectaron el crecimiento y la nutrición del crisantemo eleonora tipo anémona. Un suministro alto de $Ca + Mg$ (60:30) y bajo de K (10) provocaron la mayor acumulación de peso seco. Un aspecto que merece mencionarse es que con este suministro de nutrimentos es sustancial el incremento en la producción de materia seca desde la aparición de botón floral hasta el momento de corte, mismo que se reflejó en una mayor tasa relativa de crecimiento en el último periodo del ciclo del cultivo (92 a 115 DDT). Los niveles de K , Ca y Mg aplicados con el tratamiento mencionado también se reflejaron en las concentraciones de éstos en la planta, es decir, las plantas presentaron una baja concentración de K y alta de $Ca + Mg$. Un comportamiento similar se observó en la acumulación de $Ca + Mg$. La nutrición del cultivo con una relación alta de $Ca + Mg$ también influyó significativamente en

una mayor vida en anaquel. El suministro de altas proporciones de K ocasionó un efecto antagónico con el Mg, mismo que se manifestó con síntomas visuales de deficiencia. Este efecto también condujo a las menores acumulaciones de biomasa aérea y vida en anaquel. Según Jones (1998) la deficiencia de Mg puede ser inducida por la alta concentración de NH_4^+ , K^+ o Ca, pues el Mg^{++} compite con menos fuerza que estos cationes.

El comportamiento mencionado puede ser atribuido a que el Ca tiene diversas funciones en el metabolismo de la planta. Interviene en la integridad y selectividad de la membrana celular, favorece la acumulación de solutos en la vacuola y en el citoplasma, promueve el crecimiento y actividad de un gran número de enzimas que mejoran el metabolismo de la planta dando como resultado el mayor incremento de peso seco en los tratamientos en donde este nutrimento fue alto. También el Ca promueve un mejor aprovechamiento del agua dentro de la planta y regulación electrolítica, le confiere mayor resistencia a las plantas contra plagas y enfermedades. Interviene en la síntesis de proteínas y actúa como un ion regulador en la traslocación de carbohidratos, regula la absorción de N, promueve la formación de raíces y por consiguiente se mejora la absorción nutrimental (Matsumoto, 1988).

El alto nivel de Mg en la solución nutritiva pudo haber contribuido de manera similar al Ca. El Mg actúa dentro de la planta como componente de la molécula de clorofila y sirve como cofactor de muchas enzimas que activan el proceso de fosforilación (ATP o ADP), síntesis de azúcares y proteínas. Constituye aniones orgánicos (malato, pectato y oxalato) y participa en el balance eléctrico dentro de la planta lo cual está muy ligado con la fotosíntesis y formación de biomasa (Jones, 1998). El efecto benéfico de altos niveles de Ca y Mg en la planta en alargar la vida en anaquel de las flores, es atribuida a que reducen la actividad respiratoria en las plantas y con ello la producción de etileno, logrando de esta forma retardar la senescencia (Rui y Daril, 1984).

Con base en el mejor tratamiento se determino que el intervalo de mayor estabilidad nutrimental se ubicó entre los 66 y 76 días después del transplante. Por lo tanto se puede recomendar que la colecta de hojas con propósitos de diagnostico nutrimental debe realizarse durante este periodo para tener resultados mas precisos. Este dato es útil por que realizando la colecta de muestras en este intervalo de estabilidad y llevando a cabo el diagnostico nutrimental respectivo se podrá hacer la corrección de los problemas de manera exitosa dado que el cultivo fisiológicamente esta en condiciones de responder al suministro de cualquier elemento.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que: las relaciones de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} afectaron el crecimiento y producción de crisantemo tipo anémona. La mayor acumulación de biomasa, tasa relativa de crecimiento y vida en anaquel fueron inducidas en plantas tratadas con la relación 10:60:30 de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} (correspondiente a un bajo requerimiento de K y alto de Ca + Mg) el efecto inverso se manifestó con la solución nutritiva con alto contenido de K y bajo de Ca + Mg (relación 60:25:15).

La acumulación y concentración de K, Ca y Mg en la planta estuvo relacionada con la concentración de éstos nutrimentos en la solución nutritiva, particularmente en el caso del Ca y Mg. Un alto suministro de K y bajo Ca + Mg (relación 60:25:15) generó deficiencia de Mg, que se caracterizó por una sintomatología visual típica y a nivel celular por un desorden en el empaquetamiento normal de las células del parénquima de empalizada.

La absorción de N, P y micronutrimentos no fue afectada al variar las relaciones de K^+ Ca^{++} y Mg^{++} con excepción de Mn y Cu, que fueron acumulados en mayor cantidad cuando la solución nutritiva tenía bajas cantidades de potasio y altas de Ca + Mg.

El periodo de más estabilidad nutrimental con fines de diagnostico se ubicó entre los 66 a los 76 días después del transplante. Siendo éste periodo el más apropiado de muestreo con propósitos de diagnostico nutrimental.

Los requerimientos hídricos de crisantemo se estimaron entre 138.5 a 264.4 mL d⁻¹ planta⁻¹ según la etapa fenológica del cultivo.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- Aguilera, M. y R. Martinez. 1996. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Alcántar, G. y M. Sandoval. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Allan, E. y Trewavas, A. 1987. The role of calcium in metabolic control. *In*: "the biochemistry of plants". Stumpf, P. K. y Conn, E. E.(eds.). Academic press, New York. 12: 117-114.
- Allan, J. E. 1971. The preparation of agricultural samples of analysis by atomic absorption spectroscopy. Varian Techtron. Walnut Creek, California, USA.
- Anderson, N. O. 1987. Reclassification of the genus *Chrysanthemum* L. HortScience 22(2):313.
- Arbos L. A. 1992. El Crisantemo: Cultivo, multiplicación y enfermedades. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Arciniega, R.1999. Memoria del II Curso Nacional de Fertirrigación. INIFAP- Produce, Culiacán. Sinaloa.
- Avitia, E. 1996. Anatomía precigotica y postcigotica en relacion al aborto de ovulos y semillas en *Spondias purpurea* L. Tesis de doctor en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

- Azcon, J. y M. Talon. 2000. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Primera Edición. McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España.
- Barrie, M. y Chrysanthemums, N. S. Year-Round Growing. Blandford press. USA. 23:(5) 60-65.
- Bhandal, I. y Malik, C. A. 1988. Potassium estimation, uptake, and its role in the physiology and metabolism of flowering plants. International review of cytology. 110: 205-254.
- Birkeland, P. y E. Larson. 1989. Putnam's geology. University of Colorado. Oxford University Press (Ed). 5th ed. New York, USA.
- Bonilla, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales, pp. 83-98. *In*: Fundamentos de Fisiología Vegetal. Azcon-Bieto, J. y Talon, M. (eds.). McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España.
- Bremer, J. M. 1965. Total nitrogen *in*: C. A. Black (ed), Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. pp 1149 – 1178.
- Bugarin-Montoya R., A. Galvis-Spindola, P. Sánchez-García y D. García-Paredes. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. Revista Terra. 20:(20) 391-399.
- Bures, S. 1997. Sustratos. Ed. Agrotecnicas. F.L. Madrid. España.
- Byrne, T. G. and L. Pyeatt. 1976. Gibberellin spray to increase stem length of "May Shoessmith" chrysanthemums. Florists' Rev. 157 (4077), 31-32.

- Castro-Brindis R., P. Sánchez-García, A. Peña-Lomelí, G. Alcantar-González, G. A. Baca-Castillo y R. Ma. López-Romero. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con el rendimiento. Revista Chapingo serie Horticultura. 6:(1) 33-38.
- Clarkson D., T. Sanderson J. 1978. Sites of absorption and translocation of iron in barley roots. Plant physiology. 61, 731-736.
- Coombs J., Long P., Scurlock J. 1988. Técnicas en fotosíntesis y bioproduktividad. Editorial Futura S.A. Texcoco, Estado de México, México. 258 p.
- Del Valle, H. 1993. Uso consuntivo del agua por las plantas. Apoyos académicos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 60 p.
- Flowers, T. J. and Lauchli, A. 1983. Sodium versus potassium, substitution and compartmentation. In inorganic plant nutrition. Plant Physiology. New Series 15B, pp. 651-681.
- García P. 1988. Evaluación de sustratos para el enraizamiento de esquejes en el crisantemo. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Glass A. and M. Siddiqi. 1984. The control of nutrient uptake in relation to the inorganic composition of plants. Plant Nutrition (P.B. Tinker and A. Lauchli, Eds.) pp. 103-147.
- Glenn G. and B. Poovaiah. 1990. calcium-mediated postharvest changes in texture and cell wall structure and composition in "Golden Delicious" apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 (6): 692-968.
- Heenan D., and L.C. Campbell. 1981. Inheritance of tolerance to high manganese supply in soybean. Crop Sci. 21, 625-627.

- Jackson, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. Trad. de la 1^{ra}. Edición norteamericana por José Belmont. Barcelona 662 p.
- Jones, J. B. Jr. 1998. Plant Nutrition, manual. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida. USA. 147 p.
- Kinzel, H. 1990. Calcium in the vacuoles and cell walls of plant tissue. *Flora*. 182: 99-125.
- Kirkby E. and D. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. *Plant, Cell and Environment*. 7: 397-405.
- Larson. R. A. 1992. Introduction to floriculture. Academic Press, INC. 2a edition. USA.
- Lingle J., L. Tiffin and J. Brown. 1963. Iron uptake transport of soybeans as influence by other cations. *Plant Physiol*. 38, 71-76.
- Lira, R. 1994. Fisiología vegetal. Primera edición. Editorial Trillas, México, D.F.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic press. London. 889 p.
- Marinos, N. G. 1963. Studies on submicroscopic aspects of mineral deficiencies. II. Nitrogen, potassium, sulfur, phosphorus and magnesium deficiencies in the shoot apex of barley. *Am. J. Bot.* 50, 998-1005.
- Martin R., C. Brownlee and A. Hetherington. 1997. Calcium ions as second messengers in guard cell signal transduction. *Physiologic Plantarum*. 100: 16-29.
- Matsumoto, H. 1988. Repression of proton extrusion from intact cucumber roots and the proton transport rate of microsomal membrane vesicles of the roots due to Ca^{2+} starvation. *Plant Cell Physiol*. 29, 78-84

- Mengel, K. and E. A. Kirby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern, Switzerland.
- Olascoaga, R. 2000. La floricultura en México. XXVI Simposio Nacional de Parasitología Agrícola realizado 5 y 6 de Octubre en la Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Palafox, I. 2000. Nutrición y crecimiento del crisantemo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Pineda, J. 1996. Concentración de la solución nutritiva y fuentes de nitrógeno en el cultivo de crisantemo. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Poovaiah, B. 1985. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. HortScience. 20: (3) 347-352.
- Resh, M. 1992. Cultivos hidropónicos. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Rincón, O. 1990. Manual de floricultura, Cultivo de crisantemo. Temas de orientación agropecuaria, Bogota, Colombia. 127 p.
- Rui, I. and G. Daryl. 1984. Effect of calcium on respiration rate, ethylene production and occurrence of cork spot in D' Anjou pears (*Pyrus communis* L.). Acta Horticulture 157, post harvest handling vegetables p 227-235.
- Salisbury F., y W. Ross. 1992. Fisiología vegetal. Quinta edición. Grupo Editorial Iberoamerica, México, D.F. 729 p.

SAS Institute Inc. 1996. SAS/STAT. Guide for Personal Computers, Version 8.0 Estados Unidos.

Schimansky, C. 1981. The influence of certain experimental parameters on the flux characteristics of Mg in the case of barley seedlings grown in hydroculture. Landw. Forsch. 34: 154-165.

Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition plants and soil 15, 134-154.

Williamson, R. 1984. Calcium and the plant cytoskeleton. Cell and Environment. 7: 431-440.

Zocchi, G. and I. Mignani. 1995. Calcium physiology and metabolism in fruit trees. Acta horticulturae. 383 p 15-20.

APÉNDICE

Cuadro A. Pruebas de significancia de análisis de varianza para los diferentes parámetros evaluados en el cultivo de crisantemo a lo largo de su ciclo en respuesta a la variación de las relaciones K, Ca y Mg.

DDT ¹	Área Foliar	Peso seco tallo-hojas	Peso seco raíz	Peso seco total	Diámetro tallo	Diámetro flor	Vida Anaquel.
21	0.0077 (10.9)	ns ² (12.1)	ns (19.2)	ns (13.3)	-----	-----	-----
35	-----	ns (6.6)	ns (15.8)	ns (7.4)	-----	-----	-----
49	-----	ns (15.4)	ns (18.9)	ns (15.5)	-----	-----	-----
63	-----	ns (10.3)	ns (17.4)	ns (10.6)	-----	-----	-----
77	-----	ns (13.9)	ns (19.8)	ns (13.7)	-----	-----	-----
91	-----	0.0207 (11.1)	ns (30.0)	0.0307 (10.9)	-----	-----	-----
115	ns (10.6)	ns (11.8)	ns (13.0)	0.0215 (10.3)	ns (9.1)	ns (5.2)	0.0001 (0.0)

DDT¹ = Días después del trasplante.

ns² = No significativo.

El coeficiente de variación se encuentra entre paréntesis.

Cuadro B. Pruebas de significancia tasa de crecimiento relativa.

	Intervalo (d)						
	0-21	22-35	36-49	50-63	64-77	78-91	92-115
TCR	ns (8.75)	ns (16.49)	ns (14.74)	ns (16.57)	ns (26.29)	ns (73.98)	ns (29.34)

TCR = Tasa relativa de crecimiento.

Intervalo en días.

Los números en paréntesis corresponden al coeficiente de variación.

ns = No significativo.

Cuadro C. Tasas relativas de crecimiento. (mg d⁻¹).

DDT	Relaciones K ⁺ , Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺					
	35:45:20	20:55:25	60:25:15	10:60:30	S ₁ -S ₃ -S ₂	40:50:10
0-21	78.59	78.59	74.62	71.23	81.07	80.29
22-35	78.59	78.59	74.62	71.23	81.07	80.29
36-49	78.72	77.68	77.72	73.70	78.21	78.74
50-63	45.63	44.46	43.05	48.34	48.72	46.95
64-77	38.58	43.92	32.26	36.77	33.39	39.66
78-91	6.98	15.76	8.68	7.43	3.49	8.07
92-115	13.36	10.67	12.17	17.68	16.28	13.82

DDT: días después de trasplante.

Cuadro D. Pruebas de significancia del análisis de variancia para evaluar el efecto de las relaciones K, Ca y Mg en las concentraciones nutrimentales en plantas de crisantemo.

DDT	Concentraciones nutrimentales en hojas+tallo								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
21	ns (23.1)	0.0041 (7.0)	ns (24.9)	0.0009 (7.2)	0.0008 (8.6)	ns (9.6)	ns (15.2)	ns (285.1)	ns (92.8)
35	ns (8.5)	0.0297 (11.7)	0.0198 (14.1)	0.0001 (3.7)	0.0001 (6.1)	ns (26.9)	ns (14.4)	0.0620 (54.0)	ns (6.5)
49	ns (31.7)	ns (15.3)	0.0001 (3.3)	ns (10.3)	0.0109 (10.8)	ns (21.3)	0.0049 (9.8)	0.0032 (24.1)	ns (23.1)
63	ns (12.6)	ns (29.6)	0.0230 (17.8)	ns (13.4)	0.0158 (18.6)	0.0159 (9.74)	0.0009 (13.5)	ns (303.0)	0.0283 (14.7)
77	ns (7.6)	ns (11.0)	ns (23.7)	0.0012 (16.2)	0.0017 (13.8)	ns (16.0)	0.0024 (12.9)	ns (358.3)	ns (21.6)
91	ns (16.8)	ns (6.4)	ns (10.2)	0.0451 (14.5)	0.0002 (15.5)	ns (12.7)	0.0015 (11.9)	ns (60.1)	ns (13.2)
115	ns (14.4)	ns (5.8)	ns (17.0)	0.0043 (8.9)	0.0394 (28.2)	ns (10.8)	0.0062 (14.8)	ns (83.1)	ns (27.7)
115 ¹	ns (6.6)	ns (9.4)	ns (34.0)	0.03 (18.6)	ns (15.1)	ns (23.9)	ns (18.4)	0.026 (22.2)	0.001 (18.2)

DDT = Días después del trasplante.

ns = No significativa.

115¹ = Muestreo de flor.

El coeficiente de variación se encuentra entre paréntesis.