

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE ROSAL (*Rosa*
spp) AL MANEJO DE TRES CRITERIOS DE
FERTIRRIEGO**

CARLOS ARTURO COELLO COUTIÑO

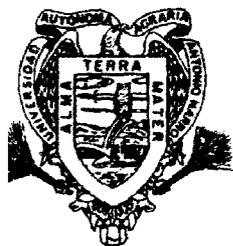
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

EN HORTICULTURA



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

RESPUESTA DEL CULTIVO DE ROSAL (*Rosa spp*) AL MANEJO
DE TRES CRITERIOS DE FERTIRRIEGO

TESIS POR

CARLOS ARTURO COELLO COUTIÑO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

COMITÉ PARTICULAR

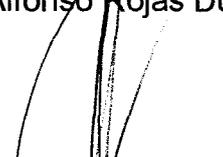
Asesor Principal


MC. Leobardo Bañuelos Herrera

Asesor


MC. Alfonso Rojas Duarte

Asesor


Dr. Alfonso Reyes López


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Octubre de 2002

AGRADECIMIENTOS

A mi **“ALMA TERRA MATER”** por haberme brindado una vez más la gran oportunidad de superarme profesionalmente y por su apoyo otorgado para la realización de mis estudios de postgrado.

Al Departamento de **Horticultura** con mucho cariño y respeto.

Al MC. **Leobardo Bañuelos Herrera**, con mi más sincero respeto y agradecimiento por darme su tiempo y dedicación para la orientación de este trabajo y por la confianza depositada hacia mi persona.

Al MC. **Alfonso Rojas Duarte**, por su apoyo y valiosas sugerencias para realizar un buen trabajo.

Al Dr. **Alfonso Reyes López**, por su disponibilidad en la culminación de este trabajo.

Al MC. **Jaime M. Rodríguez del Ángel**, por todo el apoyo estadístico brindado en este trabajo.

Al Dr. **Homero Ramírez Rodríguez**, con gran respeto por los conocimientos y sugerencias.

DEDICATORIA

A **DIOS**, por guiarme por el buen camino y darme la oportunidad de vivir para lograr un objetivo más en mi vida.

A mi Esposa **MARIA GUADALUPE GODINA CUBILLO**, por sacrificar parte de su vida y compartir conmigo todos los momentos difíciles y alegres durante esta formación profesional, para ti mi amor con mucho cariño.

A mi Hija **CARLA MONSERRAT COELLO GODINA**, por ser la razón más grande de mi existencia, para ti que eres lo más preciado de mi vida con mucho amor y cariño.

A mis Padres **Sr. ARTURO COELLO CRUZ Y Sra. MARIA DEL CARMEN COUTIÑO AGUILAR**, por apoyarme incondicionalmente en todos los momentos de mi vida, para ellos con el más profundo amor y admiración.

A mis Hermanas, **CHEPITA, TANIA Y LILIANA**, por brindarme todo el apoyo durante toda mi vida.

A mis Suegros **Sr. JOSE MANUEL GODINA ROBLEDO y Sra. MARTHA CUBILLO PEREZ**, por la confianza depositada hacia mi persona con todo el cariño.

A mis Tíos, **MARTÍN y CECILIA**, por todo el cariño que existe entre nosotros.

A mi gran equipo de trabajo **JULIO, LUCIA, HUMBERTO Y JORGE**, por la dicha de habernos conocido y por permanecer siempre unidos en todos los momentos de nuestros estudios de postgrado, para ustedes con mucho cariño.

COMPENDIO

RESPUESTA DEL CULTIVO DE ROSAL (*Rosa spp*) AL MANEJO DE TRES CRITERIOS DE FERTIRRIEGO

POR:

CARLOS ARTURO COELLO COUTIÑO

MAESTRIA

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. Octubre 2002

MC. Leobardo Bañuelos Herrera – Asesor

Palabras clave: Flor de corte, Fertirriego.

Con el propósito de generar alternativas que favorezcan a elevar la calidad y cantidad de flores, se estudiaron tres criterios de fertirriego: ppm de fertilizante en el riego (100, 200 y 400 ppm), g/m/mes (1.20-0.70-2.40 gr/planta) y recuperación de niveles nutritivos (0.40-0.70-1.70 gr/planta), en la producción

del cultivo de rosas cv. "Raphaella" bajo condiciones de invernadero. Las variables estudiadas fueron: longitud y diámetro de vara floral, longitud y diámetro de botón floral, arreglo foliar y conductividad eléctrica (salinidad). Los resultados indican que el criterio ppm de fertilizante mostró mayor longitud de vara floral, en promedio los tratamientos (400 y 200 ppm) alcanzaron 53.58 y 53.29 cm respectivamente, mientras que el testigo alcanzó solamente 43.83 cm. La longitud de botón observada reflejó los mismos efectos en longitud de vara floral, al mostrar el testigo un máximo de 4.25 en comparación con 4.94 y 4.82 cm en 400 y 200 ppm respectivamente. Se encontró que el máximo diámetro de botón fue en 400 ppm donde se obtuvo 4.12 cm, mientras que el testigo únicamente alcanzó 3.20 cm. La conductividad eléctrica fue muy variada en los diferentes tratamientos, sin embargo el tratamiento recuperación de niveles bajos, registro el valor más alto con $0.930 \text{ mmhos.cm}^{-1}$. Se concluye que fertilizar con 400 y 200 ppm se obtiene mayor longitud de vara, botón floral y diámetro de botón.

ABSTRACT

BUSH ROSE (*Rosa spp*) RESPONSE TO THREE FERTIRRIGATION TREATMENTS.

BY

CARLOS ARTURO COELLO COUTIÑO

MAESTRIA EN CIENCIAS

HORTICULTURA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTOBER 2002

MC. Leobardo Bañuelos Herrera – Adviser

KEY WORDS: Cut flower, Fertirrigation.

With the purpose to generate alternatives related to increase both flower number and quality in the bush rose cv. "Raphaella" under greenhouse condition, three fertirrigation approaches were studied e. g. fertilizer dosage (100, 200 y 400 ppm), amount of fertilizer per surface (1.20-0.70-2.40 gr/plant)

and recovery of nutritious levels (0.40-0.70-1.70 gr/plant). The variables studied were: length and diameter of flower stem, length and diameter of the flower head, foliar structure and electrical conductivity (salinity). The results indicate that the fertilizer ppm criteria showed a bigger flower stem, on average the treatments (400 and 200 ppm) reached 53.58 cm and 53.29 cm respectively, while the control reached only 43.83 cm. The flower ball observed reflected same behavior previously floral stem length where control reached a maximum of 4.25 in comparison with 4.94 and 4.82 cm 400 and 200 ppm. It was found that the maximum flower head diameter resulted with 400 ppm (4.12 cm), while the control only reached 3.20 cm. The electrical conductivity varied among the different treatments, however, the recovery treatment of flow nutritious levels gave the highest value with $0.930 \text{ mmhos.cm}^{-1}$. It is concluded that fertilizing with 400 and 200 ppm gives bigger flower stem length, flower head and flower head diameter.

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia de la floricultura en México	4
Descripción botánica y clasificación taxonómica	5
Características del rosal cv. Raphaella	6
Importancia de la fertirrigación	6
Aspectos de la fertirrigación	7
Métodos de riego en la fertirrigación	9
Ventajas del fertirriego	10
Desventajas del fertirriego	12
Fertilizantes para fertirriego	12
Fertilizantes simples	13
Fertilizantes sólidos y líquidos compuestos	14
Compatibilidad entre fertilizantes	15
Interacción entre los fertilizantes y el agua de riego	15
El crecimiento de la planta y el fertirriego	16
Métodos de dosificación	17
Cambios de pH en la rizosfera y la relación NH_4/NO_3 en la solución madre	18
Monitoreo	20
Fertirriego bajo condiciones salinas	21
Diagnostico de los requerimientos de fertilización	22
Principales funciones de algunos elementos en las plantas	24
Análisis foliar	24
Funciones del nitrógeno en las plantas	25
Síntomas de deficiencia del nitrógeno en las plantas	26
Funciones del fósforo en las plantas	27
Síntomas de deficiencia de fósforo en las plantas	28
Funciones del potasio en las plantas	28
Síntomas de deficiencia de potasio en las plantas	30
Fertirrigación del rosal	30
Nutrición del rosal	32
Salinidad	34
pH del suelo	36

ARTICULO	38
CONCLUSIONES.....	50
LITERATURA CITADA.....	51

INTRODUCCIÓN

La floricultura es una actividad que ha crecido en México. En 1988 fueron 6,700 las hectáreas cultivadas con flores, mientras que ahora son más de 13,000, concentradas en Michoacán, Querétaro, Edo. de México y Morelos. De 450 millones de dólares en flores al año que consume el país, se exportan unos 30 millones de dólares en flores, de los cuales la mayoría son de ventas de medianas y grandes empresas. Las exportaciones han generado grandes expectativas, pero se encuentran dificultades en un mercado internacional sumamente competitivo. Holanda es el primer exportador mundial, aportando más del 50 por ciento del total, seguido de Colombia, con el 8 por ciento. México ocupa un modesto, aunque creciente lugar con cerca del 3 por ciento, donde el 85 por ciento de sus ventas son a Estados Unidos (Agroguías, 1999).

En México la floricultura ha venido a tomar gran importancia para la economía del país, y se ha constituido en uno de los cultivos que mayor auge ha tenido dentro de los productos no tradicionales. Dentro de la floricultura cabe mencionar que uno de los principales cultivos es el de las rosas (*Rosa Spp.*) para exportación. La rosa de corte es un producto de gran importancia a nivel mundial, ya que se produce en varias partes del mundo, para posteriormente distribuirla entre los mercados de Europa, Asia y Norteamérica principalmente

(García, *et al.*, 1999). Las flores se comercializan en paquetes de 25 varas, tanto para el mercado nacional como para el de exportación, para el año 2002 el precio promedio que alcanzó un paquete de rosas del cv. Raphaella de exportación fue de \$70 pesos y para otras variedades tuvieron un promedio de \$25 a 60 pesos (Visaflor, 2002).

La fertilización en los cultivos representa un medio que bien manejado puede elevar la calidad y rendimiento de las cosechas, y por lo tanto aumento en el ingreso. La fertirrigación es la técnica de aplicar fertilizantes en los sistemas de riego presurizados lo cual permite una dosificación racional, en función de la demanda del cultivo, características del suelo, agua y condiciones ambientales específicas; también permite hacer frente a los posibles problemas de contaminación que se puedan originar por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo; el manejo racional de la nutrición de los cultivos imponen ciertas exigencias, la primera es, dominar los conceptos teóricos de la nutrición de los cultivos, y la segunda es conocer a profundidad los aspectos relativos al sistema de producción y en particular lo referente a la tecnología del uso de los fertilizantes (Cadahia, 1998; Etchevers, 1997; Castellanos, 1997).

Sin embargo, la respuesta de los cultivos a los fertilizantes depende entre otros factores de la cantidad del elemento presente en el suelo antes de la aplicación y de la cantidad aplicada (Payero y Banghoo, 1990).

La aplicación de los fertilizantes puede ser continua a través del ciclo vegetativo lo cual permite un mejor aprovechamiento por el cultivo (Thompson, 1998). Por lo anterior en la presente investigación se planteo los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivos

- Determinar el mejor criterio de fertirriego para la producción de rosas.
- Incrementar la cantidad y calidad de rosas mediante el uso de fertirriego con menor cantidad de fertilizante.

Hipótesis

Los criterios de fertirriego influyen directamente en la calidad y cantidad de rosas en el cv. Raphaella.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de la floricultura en México.

La floricultura en México creció notablemente entre 1980 y 1990, pues la superficie dedicada a esta actividad era de 3 mil hectáreas y pasó a más de 13 mil en estos años. Aunque el porcentaje que significa la superficie sembrada de flores en relación con el total agrícola nacional es mínimo, de apenas 0.04 por ciento de la superficie agrícola cosechada total en 1991, destaca que el valor de este producto resulta significativo en relación con la superficie, sobre todo en los estados de México y Morelos. En el primero, el valor de las flores representa 8.7 por ciento del total agrícola estatal y en el segundo 18.5 por ciento. El volumen producido creció en los noventa, pues la superficie cosechada se incrementó en 3.49 por ciento entre 1991 y 1994. En México existen alrededor de 10 mil floricultores de campo abierto y entre 100-150 productores en invernadero, que ocupan alrededor de 600 hectáreas, de los cuales estos producen para exportación. Es en Villa Guerrero, estado de México, donde se localiza el 70 por ciento de la floricultura de exportación (Castellanos, 1996).

Descripción botánica y clasificación taxonómica

La Rosa pertenece a la familia de las rosáceas, familia que comprende plantas muy variadas en su aspecto, pues incluye hierbas, arbustos y árboles. Las rosas son arbustos de ornamento, cultivados principalmente por sus hermosas flores, sus características y también sus vistosos frutos y atractivo follaje. Sus tallos son espinosos y se bifurcan a partir del cuello de la raíz, creciendo hacia lo alto, sus hojas son compuestas y sus flores son hermafroditas. El número de variedades existentes en el mercado se estima en unas 1,500 y se calcula que hasta nuestros días han existido unas 20,000 variedades. Las flores se presenta en una amplia gama de colores: rojo, blanco, rosa, amarillo, lavanda, etc., con diversos matices y sombras (Crónquis, 1989).

La clasificación botánica del rosal descrita por Cronquis (1989), es:

Reino	Vegetal
División	Embriophita Siphonogama
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Rosoideae
Género	Rosa
Especie	spp.

Características del rosal cv. Raphaella.

Esta variedad presenta botones de color rosado con borde corinto, con un promedio de 17 pétalos, la textura del pétalo es media y aterciopelada. La forma del botón es ovalada con el centro achatado, tiene un largo de 5.8 cm. y un diámetro de 2.9 cm. El diámetro de la flor es de 13 cm y tiene un color corinto con fragancia nula. Presenta un tallo muy firme con un largo de 70 cm, con poca espinosidad y una distancia entre nudos de 6 cm. El color del follaje es verde opaco oscuro. Tiene una vida en florero de 16 días y una brotación de yemas del 100 por ciento. Presenta buena productividad y no es susceptible a enfermedades y plagas. No tiene duplicidad al despunte y presenta 20 por ciento de ciegos. Se cosecha de 55 a 90 días después del pinch (Visaflor, 2002)

Importancia de la fertirrigación

La fertirrigación es la técnica de aplicar fertilizantes en los sistemas de riego presurizados, lo cual permite una dosificación racional, en función de la demanda del cultivo, características del suelo, agua y condiciones ambientales específicas; también permite hacer frente a los posibles problemas de contaminación que se puede originar por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo (Cadahia, 1998).

La fertirrigación consiste en la aplicación de fertilizantes sólidos o líquidos a través de sistemas de riego a presión, creando así una solución

nutritiva de riego. Los fertilizantes sólidos pueden ser simples, por ejemplo: urea, cloruro de potasio o compuestos (mezcla de fertilizantes multi-nutrientes). Los fertilizantes líquidos contienen uno o varios nutrientes, pero debido a la solubilidad, la concentración total de nutrientes es mucho menor. Los fertilizantes son aplicados por diferentes métodos incluyendo la técnica de preparación de soluciones madre. En esta técnica, se mezclan fertilizantes sólidos como sulfato de amonio, urea, cloruro de potasio, nitrato de potasio y ácido fosfórico líquido para preparar soluciones madre "a medida". La solución madre es inyectada dentro del sistema de riego, a una tasa de 2-10 l.m⁻³ de agua, dependiendo de las concentraciones deseadas de N, P y K (Sneh, 1995; Magen, 1995).

Aspectos de la fertirrigación

La tecnología de fertirrigación integra varios aspectos como es el manejo del agua, el clima, la fisiotecnia y la nutrición, entre otros; el manejo racional de la nutrición de los cultivos impone ciertas exigencias: la primera es dominar los conceptos teóricos de la nutrición de los cultivos, y la segunda es conocer a profundidad los aspectos relativos al sistema de producción y en particular lo referente a la tecnología del uso de los fertilizantes (Etchevers, 1997; Castellanos, 1997).

La fertirrigación requiere un apropiado conocimiento de las demandas hídricas y nutricionales de los cultivos, así como de las características físicas y

químicas del suelo y agua, a fin de aprovechar con eficiencia las ventajas comparativas del método. En esta técnica de riego, el agua es llevada de la fuente a cada planta del cultivo, eliminando totalmente pérdidas por conducción y minimizando las pérdidas por evaporación y percolación profunda, sin someter a las plantas a condiciones extremas de humedad. Con este sistema se puede controlar, cuando menos en parte el patrón con que el agua se distribuye en el suelo, tanto desde el punto de vista geométrico como el de distribución de humedad. Igualmente se pretende generar en la zona radical un ambiente de características físicas, químicas y biológicas que conduzcan a un mejor desarrollo de la planta y por ende a mayores rendimientos, mejor calidad del producto y que incremente la rentabilidad del sistema de producción (Berzoza y Chávez, 1997).

Otro aspecto que alcanzó relevancia cuando aparecieron en la agricultura métodos de riego que permiten la aplicación frecuente de agua a los cultivos como la aspersion (en su modalidad estacionaria) y el riego por goteo, al momento de la aplicación del fertilizante. El uso de éstos métodos de riego para aplicar fertilizantes, lo cual es conocido como fertirrigación, permite dosificar en forma oportuna y precisa los nutrientes que requiere la planta para alcanzar buenos rendimientos.

La aplicación de los fertilizantes puede ser continua a través del ciclo vegetativo lo cual permite un mejor aprovechamiento por el cultivo (Thompson, 1998).

Métodos de riego en la fertirrigación

El goteo y la microaspersión son sistemas de riego localizados, que consisten en la aplicación de pequeños volúmenes de agua, en o cerca de la zona de raíces, mediante dispositivos especiales llamados goteros y microaspersores. En ambos casos se riega sólo la parte del suelo ocupado por las raíces, con lo cual se ahorra agua y se aumenta la eficiencia de su uso. Estos sistemas permiten incorporar fertilizantes al agua de riego, práctica denominada fertirrigación, la cual presenta la ventaja de que el agua y fertilizante juntos forman una solución nutritiva que se aplica directamente a la zona de raíces de las plantas, y los nutrientes se proveen en la época y proporción adecuadas; además de esta manera se reducen pérdidas de fertilizante, las cuales generalmente ocurren en la fertilización tradicional (Berzoza y Chávez, 2000).

Las nuevas tecnologías de riego presurizado permiten aumentar la frecuencia de aplicación de agua, lo que significa que los nutrimentos que se agregan para complementar el aporte natural del suelo pueden ser distribuidos a lo largo de la estación de crecimiento del cultivo, variando la dosis de acuerdo a la demanda nutrimental de éste (Hartz, 1995).

El riego por goteo ofrece el potencial para el manejo preciso del agua, también proporcionan el sistema ideal para liberar los nutrientes de una manera eficiente y oportuna. Sin embargo, lograr un alto uso eficiente de agua y

nutrientes mientras se maximiza la productividad del cultivo requiere de un manejo intensivo. El punto central de ese manejo es una calendarización de riego apropiada, ambas en termino de tiempo y volumen aplicado. Hay dos enfoques básicos para calendarizar el riego por goteo: la calendarización basada en la humedad del suelo y la otra basada en el presupuesto de agua, el cual estima la evapotranspiración del cultivo. Existen limitaciones para ambos métodos, pero cuando se usan juntos proporcionan una manera confiable para determinar la cantidad y el tiempo del riego por goteo (Hartz, 1995; Cadahia, 1998).

Ventajas del fertirriego

Con el fertirriego, los nutrientes son aplicados en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. El control preciso de la tasa de aplicación de los nutrientes optimiza la fertilización, reduciendo las pérdidas de material fertilizante por lixiviación originada por riego excesivo típico del riego superficial, lo cual además del ahorro económico, disminuye el riesgo de contaminación de los mantos acuíferos (Villarreal *et al.*, 1998).

El fertirriego permite adecuar la cantidad y concentración de los nutrientes de acuerdo a la demanda de nutrientes durante el ciclo de crecimiento del cultivo. El abastecimiento de nutrientes a los cultivos de acuerdo a la etapa fisiológica, considerando las características climáticas y del suelo,

resulta en altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos. Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, aspersores, microaspersores), el fertirriego no es opcional, sino absolutamente necesario. Bajo riego por goteo sólo el 20 por ciento del suelo es humedecido por los goteros y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo. Esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado. El fertirriego es el único método correcto de aplicar fertilizantes a los cultivos bajo riego (Burt *et al.*, 1998).

Otras ventajas de este tipo de tecnología son las siguientes: permite ahorrar agua de riego, fertilizante y mano de obra, y simultáneamente hacer un control adecuado de su aplicación y distribución; posibilita su establecimiento en cualquier tipo de topografía y en suelos delgados; tolera el uso de agua con contenidos salinos mayores que los que se aceptan tradicionalmente; hace casi imposible la ocurrencia de un estrés hídrico o nutricional debido a que se riega continuamente con cantidades adecuadas de agua y se aplica fertilizante frecuentemente; por último, permite una mejor dosificación y distribución más uniforme del agua y los nutrimentos. Todo lo anterior redundará en un aumento de productividad de la tierra y de los cultivos, debido a la sincronización de las necesidades de estos últimos con la oportunidad de las aplicaciones de agua y fertilizante (Clark *et al.*, 1995).

Desventajas del fertirriego

No obstante, también presenta algunas desventajas: alto costo inicial; obturación de goteros; peligro de salinización del suelo al usar aguas con altos contenidos de sal y altas dosis de fertilización, sin los cuidados de lavados respectivos; se requiere de personal capacitado para su operación (Clark *et al.*, 1995).

Fertilizantes para fertirriego

Los fertilizantes nitrogenados son altamente solubles y contienen un bajo porcentaje de residuos insolubles (Wolf *et al.*, 1985). El ácido fosfórico blanco (líquido) es también adecuado para su aplicación directa, tomando medidas de seguridad apropiadas. Las guías para fertirrigación son suministradas como dosis de N, P₂O₅, K₂O y requerimientos hídricos a una base diaria y por unidad de superficie. Estos datos son luego utilizados para los diferentes fertilizantes y métodos de aplicación (Kremer *et al.*, 1992).

La entrega directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles y sistemas de bombas e inyectores para introducir la solución nutritiva en el sistema de riego. Un pre-requisito esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua. Ejemplos de fertilizantes altamente solubles apropiados para su uso en

fertirriego son: nitrato de amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, monofosfato de amonio, monofosfato de potasio, etc.

En sistemas intensivos como invernaderos y/o sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir calcio, magnesio y micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo). El hierro debe ser suministrado como quelato porque las sales de hierro, como por ejemplo sulfato de hierro, son muy inestables en solución y el hierro precipita fácilmente. En caso de aguas duras, se debe tomar en cuenta el contenido de Ca y Mg en el agua de riego (Contijoch, 1998).

Fertilizantes simples

Se pueden preparar soluciones madres nutritivas disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, obteniendo así formulaciones "a medida" con distintas concentraciones y relaciones N:P:K de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo y de cada etapa fisiológica. Soluciones NK, PK y NPK cristalinas con contenido de por lo menos 9-10 por ciento de nutrientes (N, P₂O₅, K₂O) en base a urea, ácido fosfórico y KCL pueden ser preparadas fácilmente en el campo (Lupin *et al.*, 1996). Así por ejemplo, la aplicación de 2 litros de una solución madre 1-1-1 (3.6-3.6-3.6) en 1 m³ de agua de riego, dará una concentración final en el gotero de 72 ppm de N, P₂O₅, K₂O.

La mayoría de los fertilizantes absorben calor al ser disueltos, reduciendo la temperatura del agua. La dilución de ácido fosfórico en cambio produce una reacción exotérmica. Por esto conviene agregar primero ácido fosfórico para aprovechar el aumento de la temperatura y así facilitar la disolución de los fertilizantes agregados a continuación (Elam *et al.*, 1995, Lupin *et al.*, 1996).

Fertilizantes sólidos y líquidos compuestos

Son mezclas multi-nutrientes ya preparadas, manufacturadas especialmente para su uso en fertirriego. Se presentan en una amplia gama de relaciones N:P:K, con o sin micronutrientes. El nitrógeno está en forma de nitrato y de amonio en una relación adecuada, y el potasio es en base a KCL o KNO_3/ K_2SO_4 .

Los fertilizantes líquidos compuestos tienen una concentración de nutrientes mucho más baja debido a limitaciones de solubilidad (5-3-8; 6-6-6; 9-2-8, etc.). Soluciones fertilizantes de menor grado son especialmente formuladas por los fabricantes para el invierno, cuando la solubilidad disminuye con las temperaturas bajas. No existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en fertirriego, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado (Hagin y Lowengart, 1999).

Compatibilidad entre fertilizantes

La mezcla entre fertilizantes no compatibles y la interacción de los fertilizantes con el agua de riego, especialmente si son agua duras y/o alcalinas, pueden ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y la obturación de goteros y filtros. Estos problemas pueden ser evitados por medio de una elección correcta de los fertilizantes y un manejo adecuado. Por ejemplo, el nitrato de calcio no puede ser mezclado con ningún fertilizante fosforado o sulfatado porque se forma un precipitado de sulfato o fosfato de calcio; cuando se mezcla sulfato de magnesio con fosfato de amonio forma un precipitado de fosfato de magnésico.

El uso de dos tanques de fertilización permite separar a los fertilizantes que interactúan, separando los fertilizantes con calcio, magnesio y microelementos, de los fertilizantes con fósforo y el sulfato y evitando así la formación de precipitados (Scaife y Bar, 1995).

Interacción entre los fertilizantes y el agua de riego

En aguas duras, con alto contenido de calcio y bicarbonatos surgen problemas de obturación del sistema de goteo por precipitación de bicarbonatos. El uso de fertilizantes sulfatados, induce la precipitación de CaSO_4 el cual obtura goteros y filtros.

Se recomienda el uso de fertilizantes de reacción ácida y/o la inyección periódica de ácido en el sistema de fertirriego para disolver los precipitados y destapar los goteros. La inyección de ácido en el sistema de riego remueve también bacterias y algas. Luego de inyectar ácido, el sistema de riego y de inyección deberá ser cuidadosamente lavado (Sneh, 1995).

El principal problema es con el fósforo: aguas con altas concentraciones de calcio y magnesio y pH alcalino provoca la precipitación de fosfatos de Ca y Mg. Estos precipitados se van depositando sobre las paredes de las tuberías y en los orificios de los emisores, causando su obturación. También se ve afectado el aporte de fósforo a la planta, ya que éste se encuentra precipitado y no en la solución nutritiva. Se recomienda elegir fertilizantes fosforados, ácidos (ácido fosfórico o fosfato monoámonico) cuando se riega con aguas duras y/o alcalinas.

El crecimiento de la planta y el fertirriego

Para programar correctamente el fertirriego se deben conocer el consumo de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo que resulta en el máximo rendimiento y calidad (Bar, 1991).

La curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación de un determinado nutriente, evitando así las posibilidades de deficiencia y de consumo de lujo. Las tasas diarias de absorción de nutrientes son específicas

para cada cultivo y clima, en la práctica, se divide el ciclo de crecimiento del cultivo según las etapas fenológicas y se definen las diferentes concentraciones o cantidades a aplicarse, con sus respectivas relaciones. La absorción de nutrientes del cultivo, se ajustan las cantidades o concentraciones de acuerdo al tipo de suelo. En suelos pesados, las concentraciones recomendadas son menores que en suelos livianos, debido a la mayor capacidad de retención de nutrientes (Zaidan y Avidan, 1997).

Cuando se cultiva en sustratos inertes, las recomendaciones son aún mayores. También debe tenerse en cuenta los nutrientes aportados mediante la fertilización de base (en suelos pesados se puede aportar hasta un 40 por ciento de los requerimientos de fósforo a través de fertilización de base con TSP o SSP). En el caso de Ca y Mg, se debe descontar su contenido en el agua de riego. Estas recomendaciones proporcionan la formulación de fertilizantes más adecuada incluyendo los nutrientes básicos **NPK** y los micronutrientes de acuerdo al tipo de suelo, a la etapa fisiológica, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al pH, la relación NO_3/NH_4 , la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales (Bunt, 1988).

Métodos de dosificación

En invernaderos y/o sustratos artificiales se utiliza el método de dosificación cualitativa, en el cual el fertilizante es aplicado en forma

proporcional a la lámina de agua. El agua de riego lleva una concentración fija del fertilizante aplicado y las recomendaciones están expresadas en unidades de concentración (ppm). Los fertilizantes están disueltos en una solución nutritiva la cual es inyectada a la línea de agua de riego a través de bombas de fertilizantes hidráulicas o electrónicas. Estas bombas son muy exactas y sofisticadas, y se adaptan a la automatización, la cual es necesaria ya que los cultivos son fertirrigados en pulsos muy cortos varias veces por día. La dosificación cualitativa o proporcional es la única manera de lograr un control preciso de la concentración y del momento de inyección, tal como se requieren en invernaderos y/o sustratos artificiales (Avidan, 1997).

Cambios de pH en la rizosfera y la relación NH_4/NO_3 en la solución nutritiva

La disponibilidad óptima de todos los nutrientes es en el rango de pH 6-6.5. El pH de la rizosfera determina la disponibilidad de fósforo ya que afecta los procesos de precipitación/solubilización y de adsorción/desorción de los fosfatos. El pH también influye sobre la disponibilidad de micronutrientes (Fe, Zn, Mn) y la toxicidad de algunos de ellos (Al, Mn). El principal factor que afecta el pH en la rizosfera es la relación NH_4/NO_3 en el agua de riego, especialmente en hidroponía, sustratos inertes y en medios con bajo poder buffer, como suelos muy arenosos (Feigin *et al.*, 1980).

Barber, (1984), menciona que la forma de nitrógeno (NH_4^+ y NO_3^-) absorbida por la planta determina el balance cationes-aniones en la planta.

Marschner, (1995), menciona que la nutrición amoniacal produce un patrón de absorción catiónica basado principalmente en NH_4^+ , disminuyendo así la absorción de otros cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ . Así mismo induce la excreción radicular de H^+ al medio para mantener la electroneutralidad en la planta (Imas *et al.*, 1997).

La disminución de pH en la rizosfera puede causar toxicidad de Al y Mn, y tiene en general un efecto adverso sobre el crecimiento radicular y sobre el desarrollo vegetal (Ganmore y Kafkafi, 1980; 1983).

Cuando el nitrógeno es proporcionado bajo la forma de nitratos, el anión NO_3 es absorbido, y la planta absorbe más aniones que cationes. Para mantener el balance cationes-aniones, las raíces excretan OH^- al medio, aumentando así el pH de la rizosfera (Marschner, 1995).

Las plantas bajo nutrición con NO_3 presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos (Ganmore-Neumann y Kafkafi, 1980; 1983; Imas *et al.*, 1997). Sin embargo una nutrición con 100 por ciento del N como nitratos puede aumentar el pH de la rizosfera a valores de más de 8 (Marschner, 1995). A esos valores de pH, el fósforo y microelementos precipitan, disminuyendo la disponibilidad de estos nutrientes. Por lo tanto, en la práctica se recomienda aplicar el N en una relación de 80-90 por ciento de nitratos y 10-20 por ciento de amonio, para mantener el pH de la rizosfera en valores óptimos (Avidan, 1998; Zaidan y Avidan, 1997).

Monitoreo

El monitoreo del agua de riego y de drenaje debe ser exhaustivo, el uso de contenedores para el cultivo en invernaderos permite la recolección de la solución nutritiva lixiviada y su comparación con la solución nutritiva entrante. El monitoreo del volumen lixiviado, pH, CE y concentración de los nutrientes en la solución lixiviada permite determinar si se está aplicando los fertilizantes y el agua con exceso o en deficiencia, y por lo tanto permite ir corrigiendo el régimen de fertirriego. Volúmenes de lixiviación muy pequeños indican que la planta absorbe casi toda el agua que se le proporciona, por lo tanto se deberá incrementar la lámina de agua aplicada (Asaf, 1990).

Concentraciones de nitratos muy bajas en la solución lixiviada indican que la planta absorbe casi todo el nitrógeno que se le proporciona, por lo tanto se deberá incrementar la concentración de fertilizante en la solución nutritiva (Marschner, 1995).

Un valor de CE y/o de cloro más alto en la solución lixiviada que en la solución aplicada indica una acumulación de sales en la zona radicular. La presencia de sales en el bulbo de suelo humedecido por el gotero es contraproducente para las raíces, por eso se aplica siempre un exceso de agua para drenar el cloro y las sales. Este exceso varía de 10-50 por ciento según la conductividad hidráulica del sustrato la cual determina el potencial de drenaje del mismo (Rhoades y Loveday, 1990).

El régimen de fertirriego (lámina de agua e intervalo de riego) deberá ajustarse de acuerdo al gradiente de CE y cloro entre la solución de riego y la de drenaje, para mantener así las sales por debajo de la zona radicular activa. Si la diferencia entre la CE de la solución lixiviada y de la solución entrante es más de 0.4-0.5 dS/m, y/o si la concentración de cloro en la solución lixiviada es más alta que la solución entrante y supera los 50 mg/l, se recomienda aplicar un riego sin fertilizantes para lixiviar sales (Avidan, 1998).

El valor óptimo del pH de la solución de riego es de 6-6.5 y el pH de la solución de lixiviación no más de 8.5. El pH de agua de riego se ajusta mediante la inyección de ácido, cuando el pH del agua de lixiviación es más alcalino que 8.5, esto indica que el pH en la zona radicular alcanza valores que provocan la precipitación de fósforo y menor disponibilidad de micronutrientes. El ajuste es por medio de la relación NH_4/NO_3 de la solución de riego: si el pH se hace demasiado alcalino, se debe aumentar la proporción de NH_4 con respecto al NO_3 en la solución nutritiva y viceversa. El porcentaje de amonio no debe superar el 20 por ciento del total del nitrógeno aportado (Zaidan y Avidan, 1997).

Fertirriego bajo condiciones salinas

La tolerancia a la salinidad varía según las especies y existen tablas de referencia que definen la tolerancia de los diferentes cultivos a la salinidad,

expresada como el total de sales solubles (CE) y como iones tóxicos individuales (Mass y Hoffman, 1997).

Cuando se usan aguas salinas para riego, se debe tomar en cuenta que los fertilizantes son también sales y por lo tanto contribuyen a la CE de la solución de riego. Sin embargo, la contribución de cloro proviene de KCl en N, P₂O₅, K₂O relación a la cantidad total de cloro presente en el agua de riego, es relativamente pequeña (Tarchitzky y Magen, 1997).

Cuando se usan aguas con CE > 2 dS/m en cultivos sensibles a la salinidad, en invernaderos con cultivos intensivos y/o en contenedores se eligen fertilizantes con bajo índice salino (Bar *et al.*, 1997; Kafkafi, 1987).

En condiciones salinas se debe prestar especial cuidado en aplicar agua en exceso para lavar las sales por debajo de la zona radicular, siendo el requerimiento de lixiviación mucho más alto que en condiciones no salinas (Rhoades y Loveday, 1990).

Diagnostico de los requerimientos de fertilización.

La fertilización en los cultivos representa un medio que bien manejado puede elevar la calidad y rendimiento de las cosechas. Sin embargo la respuesta de los cultivos a los fertilizantes depende entre otros factores de la

cantidad del elemento presente en el suelo antes de la aplicación y de la cantidad aplicada (Payero y Banghoo, 1990).

Existen factores controlables se puede mencionar dosis y localización de nutrientes, practicas culturales tales como el espaciamiento entre surcos, densidad de plantas y época de siembra, tipo de cultivo y rotación. Para que un cultivo exprese su máximo rendimiento, es necesario que todos estos factores estén en un nivel óptimo. Si uno o más factores se presentan en niveles sub-óptimos, resultará en una disminución en el rendimiento. Por lo tanto, no debemos olvidar que aún estando todos los factores nutricionales en niveles óptimos, una sequía, pestes o cualquier factor no controlable puede resultar en un cultivo improductivo. Esto significa que por más que el suelo sea deficiente en algún nutriente en particular, la aplicación de ese nutriente al suelo no garantiza un incremento en los rendimientos, ya que pueden haber otros factores nutricionales que pueden ser más limitantes (Summer, 2000).

La fertilidad del suelo puede ser evaluada a través del análisis químico del suelo o de manera más directa usando el cultivo para determinar el contenido nutricional de la planta o su producción. La extracción de nutrimentos por al planta representa en si el método más directo y concreto del análisis nutricional del suelo y se asume que, la composición química de la planta refleja en forma directa el estado nutricional del suelo. Sin embargo, se debe destacar que el análisis foliar es apenas una de las herramientas empleadas para

determinar como obtener el mejor rendimiento de los cultivos y como tal debe complementar otros métodos y no reemplazarlos (Marín y Pérez, 1992).

Principales funciones de algunos elementos en las plantas

Las funciones de los elementos básicos son muy variadas dentro de la planta, sin embargo, un aspecto importante es conocer el grado de movilidad de los nutrimentos dentro de la planta ya que es la forma más rápida de determinar los requerimientos de algunos de ellos.

Análisis foliar

El análisis foliar puede definirse como el estudio de la relación entre el contenido de nutrientes en la hoja y el crecimiento de la planta. La concentración es expresada usualmente, en base al porcentaje (%) de materia seca. Tradicionalmente se usa el análisis de suelo como el medio para obtener las recomendaciones de fertilización. Sin embargo, el uso exclusivo de los mismos no se considera un enfoque satisfactorio, ya que el valor de tales análisis per tiene poca utilidad, es un número empírico que puede o no reflejar indirectamente la disponibilidad de un nutriente. Por otra parte, el análisis foliar constituye la base de otros de los sistemas para evaluar la fertilidad del suelo, los cuales están particularmente difundidos en áreas que carecen de sistemas efectivos de análisis de suelo y son especialmente preferidos para el uso de cultivos perennes, como veremos más adelante. (Reed, 1996).

Funciones del nitrógeno en las plantas

El nitrógeno es el nutriente de mayor importancia para los cultivos, se caracteriza por su alta movilidad en el suelo y por tener distintas vías de pérdida, las formas inorgánicas de nitrógeno en el suelo son; nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) y nitrógeno elemental (N).

Las plantas generalmente absorben la mayor parte de los requerimientos de nitrógeno (N) como iones de nitrato (NO_3^-) y en menor proporción en forma de ion amonio (NH_4^+); el nitrato (NO_3^-) es muy soluble en agua, como consecuencia, es muy móvil y puede ser fácilmente lavado del perfil del suelo cuando su concentración es alta y la cantidad de agua aplicada es grande (Feil *et al.*, 1993).

Todos los cultivos a excepción del arroz absorben la mayoría del nitrógeno en forma de nitrato, y aproximadamente entre un 30 y 50 por ciento del nitrógeno que absorben los cultivos es extraído durante la cosecha, así mismo las formas de amonio son rápidamente convertidas a nitratos en suelos calientes y bien drenados, además la presencia de este elemento guarda una relación directa con el desarrollo de hojas, tallos, brotes y macollos (Cao y Tibbits, 1993; Pierzynski *et al.*, 1994; Salisbury y Ross, 1994,).

Dentro de la planta el nitrógeno es convertido a aminoácidos para elaborar proteínas y estos son utilizados para elaborar el protoplasma de las células, es el componente indispensable en la estructura celular, es necesario para que se realicen todas las reacciones enzimáticas de la planta, es parte fundamental para la síntesis de la clorofila y está directamente relacionado con el proceso de fotosíntesis, es componente de la biotina, tiamina, niacina, riboflavina y otras vitaminas, ayuda a la planta en la producción y uso de carbohidratos, incrementa directamente el contenido de proteínas y vitaminas en la planta (Santamaría *et al.*, 1998).

Síntomas de deficiencia del nitrógeno en las plantas

Dentro de los síntomas de deficiencias más comunes que se presentan por la escasez de nitrógeno se pueden mencionar las siguientes: la deficiencia de este elemento causa clorosis (amarillamiento) en las hojas debido a la disminución del contenido de clorofila, esta se inicia primero en las hojas más viejas, las plantas producen una menor área foliar y a medida que la deficiencia se va haciendo más severa el amarillamiento pasa a las hojas más jóvenes.

Una suplementación inadecuada de nitrógeno trae como consecuencia un bajo contenido de proteínas en la semilla y partes vegetativas de la planta. La deficiencia de nitrógeno causa enanismo de las plantas y producen menos tallos de lo normal. Algunos cultivos con deficiencias pueden alcanzar la madurez más temprano de lo normal (Darwich, 1998).

Funciones del fósforo en las plantas

El fósforo interviene en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y elongación celular, además de algunos otros procesos necesarios en la vida de las plantas, promueve el crecimiento y la formación temprana de raíces, incrementa la eficiencia en el uso del agua, contribuye a la resistencia de enfermedades en algunas plantas, ayuda a soportar a la planta los efectos del invierno (Castellanos, 1997).

Nuestros suelos se caracterizan por presentar bajos niveles de fósforo disponible para las plantas, este es aproximadamente de un 0.12 por ciento con base a peso seco y es ligeramente soluble al igual que el calcio, fierro y magnesio, este elemento es de vital importancia para el desarrollo de raíces, ya que es de baja movilidad y no se repone naturalmente una vez que es extraído del suelo. Generalmente las plantas absorben la mayor parte del fósforo como un ion ortofosfato (H_2PO_4)(-), y pequeñas cantidades del ion ortofosfato secundario son tomadas por la planta en forma de (HPO_2), y comúnmente su concentración en el suelo es menor de 1 ppm (Mikkelsen, 1989).

Este elemento es el de menor disponibilidad para las plantas en el suelo, los análisis señalan que hasta un 20 por ciento de fósforo es utilizado por las plantas, en cambio al determinar las necesidades de fósforo por los cultivos estas son menores que las de nitrógeno y potasio, sin embargo, hay que saturar de fósforo el medio donde se desarrollan las plantas para suministrar las

cantidades que sean fijadas, precipitadas, absorbido e intercambiables y en solución (Tisdale y Nelson, 1990).

El pH del suelo influye fuertemente en la absorción de estos iones por la planta, otras formas de fósforo son utilizadas pero en mucho menores cantidades (Salisbury y Ross, 1994).

Síntomas de deficiencia de fósforo en la planta.

Aun cuando las deficiencias de fósforo son difíciles de detectar en muchos cultivos los síntomas más importantes que se presentan por la escasez se mencionan las siguientes: enanismo en general, además la forma de la hoja esta distorsionada, síntomas severos de deficiencia desarrollan áreas muertas en las hojas, tallos y frutos, los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas, la coloración púrpura o rojiza es frecuente en plantas deficientes, en algunas etapas del desarrollo la deficiencia de fósforo puede causar que el cultivo tome una coloración verde oscura (Díaz y Grove, 2000).

Funciones del potasio en las plantas

El potasio se encuentra en la litosfera aproximadamente en cantidades de un 2.29 por ciento, pero su ciclo es similar al del fósforo, donde grandes cantidades de este elemento se pierden por erosión y no exista un mecanismo efectivo de recuperación en el suelo, cuando se encuentra en él la mayoría de

las veces esta en forma disponible para los cultivos, y la movilidad del potasio en la solución del suelo puede llegar a ser de 60 cm en suelos arcillosos y de 90 cm en suelos arenosos sobre todo cuando es aplicado en riego localizado (Conti y Zubillaga, 1994).

El potasio es absorbido por las plantas en forma iónica (K^+), para que sea utilizado debe estar en solución y aunque es fijado por las arcillas, esto no es permanente y al ser liberado se mantiene en forma intercambiable para que sea absorbido por las plantas, sin embargo, su concentración es baja. Cuando entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con ácidos orgánicos e inorgánicos en el interior de las mismas, estos sirven para regular el potencial osmótico celular, y el contenido de agua en algunas plantas jóvenes, por lo tanto, este es considerado como uno de los elementos básicos para el crecimiento de las plantas (Zubillaga y Conti 1996).

Su función primaria esta relacionada con el metabolismo de las plantas, es vital para la fotosíntesis; cuando este es deficiente la fotosíntesis declina, el índice de respiración de la planta se incrementa a medida que el potasio se hace deficiente, las dos condiciones anteriores, reducen la aportación de carbohidratos para la planta. Es esencial para la síntesis de azúcar y almidón, ayuda a realizar un uso más eficiente del agua promoviendo la turbidez y manteniendo la presión interna en la planta, activa la enzima y controla su índice de reacción, mejora la calidad del cultivo, incrementa la resistencia a enfermedades (González *et al.*, 1999).

Una optima fertilización con potasio reduce el estrés causado por los nemátodos en el suelo, el potasio es más importante que el nematicida en disminuir la infestación del nematodo. La mayoría de las enfermedades en las plantas han sido retardadas por el uso de la fertilización potasica que por cualquier otra sustancia, cuando el potasio auxilia a resistir la enfermedad, este no actúa directamente como un agente de control; sino como un fuerte reforzador de la resistencia natural en los mecanismos de las plantas (Rubio y Gil 1995).

Síntomas de deficiencia de potasio.

Dentro de los síntomas más comunes que se presentan por la falta de potasio se tienen las siguientes: la deficiencia de potasio se presenta por el quemado de la hoja en sus márgenes, las plantas deficientes en potasio crecen lentamente, los sistemas radiculares se desarrollan pobremente y los tallos son débiles, las semillas y frutos son pequeños y arrugados, las plantas poseen poca resistencia a enfermedades, las hojas tienden a enrollarse, se amarillean los márgenes, después se hacen necroticas, y las manchas avanzan hacia el centro de la hoja (Gething, 1994; Mengel y Kirkby, 1996).

Fertirrigación del rosal

El estudio de la nutrición del rosal requiere un conocimiento profundo de los diferentes períodos fenológicos que tienen lugar durante el cultivo, ya que

los requerimientos de nutrientes varían en función de ellos. De esta forma se puede establecer una correcta dosificación de los nutrientes, evitando excesos en momentos en los que no hay absorción y ajustando los aportes para las plantas (Tsujita, 1991).

Además de estos criterios se deben tener en cuenta diversos parámetros fisiológicos. En general se puede decir según datos bibliográficos que en el momento en que brotan las yemas no hay absorción, esta es débil hasta que es visible el botón floral y el tallo se hacen expensas de las reservas de la planta y no de la absorción radicular. Cuando el tallo y las hojas del rosal se desarrollan hay una absorción importante para la reconstrucción de las reservas. Sin embargo, cuando se corta la flor se reduce la cantidad de tallos y hojas y la absorción se reduce hasta la aparición de los tallos florales siguientes (Cabrera *et al.*, 1995).

Por lo tanto, existirá un ritmo de absorción discontinuo a costa de las reservas y de la absorción, dependiendo de las podas y del corte de flor. Normalmente el nitrógeno parece ser el nutriente más importante para los procesos de crecimiento y formación de las flores. En este sentido parece que la máxima absorción del mismo sucede cuando ya se ha formado el botón floral y se está terminando el ciclo y no cuando se produce la elongación rápida del tallo. El potasio tiene un papel importante sobre la calidad de la flor (Cid *et al.*, 1996).

Nutrición del rosal

Es muy importante el suministro de nutrientes en cantidades adecuadas y en el momento oportuno para poder lograr el éxito en las plantas del rosal. La fertilización con líquidos es ahora el método más común de abastecer los nutrientes a las rosas bajo condiciones de invernadero. Las aplicaciones se hacen con porciones precisas de la solución concentrada; las soluciones deberán contener todos los elementos necesarios para las plantas, en las debidas condiciones y dosis convenientes (Trejos, 1988).

Las plantas requieren de varios elementos minerales para su desarrollo. Algunos de estos elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, son necesarios en cantidades relativamente grandes se denominan macroelementos, mientras otros como el hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno y cloro se les denomina microelementos en menores cantidades, ambos grupos son esenciales. Cuando sus cantidades en las plantas son mucho menores que los niveles mínimos que requieren presentaran uno o varios síntomas internos y externos en cualquier órgano de la planta incluyendo hojas, tallos, raíces, flores, frutos y semillas (Ferrer y Salvador, 1986, Salisbury y Ross, 1994).

El nitrógeno como nutriente de las plantas es de los más importantes, cuando existe una deficiencia de este elemento en plantas de rosal se presenta primeramente una coloración entre amarillenta y verde o verde pálido

registrándose una reducción en el tamaño de las hojas, distancias en los entrenudos y diámetros menores en los brotes jóvenes. El nitrógeno es el que más influye en el desarrollo del rosal, no obstante debe ir siempre acompañado del fósforo y potasio en forma equilibrada para obtener una máxima eficiencia.

De aplicarse el nitrógeno en exceso, la planta ofrecerá una frondosidad exuberante y carecerá de resistencia a toda invasión parasitaria y ataque de insectos, además malgastará la mayor parte de sus reservas en la formación de tallos y hojas, en detrimento de la producción floral (Cabrera *et al.*, 1995).

El fósforo es uno de los elementos esenciales y presenta gran importancia en el desarrollo de las plantas, al presentarse deficiencias se reduce el tamaño de las hojas y tamaño de los brotes, a medida que la deficiencia progresa, las hojas viejas pierden brillo y se hacen oscuras pudiendo caerse y las hojas jóvenes permanecen verdes pero muy pequeñas. El desarrollo de la raíz se reduce y la planta entera parece raquítica (White, 1987).

El fósforo también es esencial especialmente para el desarrollo de los botones, la aplicación temprana en primavera de fertilizantes durante la apertura del botón debe contar con ambos; nitrógeno y fósforo. La fertilización de los rosales aunque no necesita altos niveles de fósforo no permite deficiencias de este elemento ya que afecta notablemente a un buen crecimiento aéreo y radical, a la producción de rosa y el grosor de los tallos (Larson, 1988).

Cid *et al.*, (1996), menciona que el potasio tiene un papel importante sobre la calidad de la flor, la deficiencia de potasio afecta la longitud de los tallos y el grosor de los mismos, no parece reducir la producción significativamente.

Salinidad.

Se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Los fertilizantes son sales que agregadas en el agua de riego, forman una solución salina que es aplicada al suelo, en general el contenido total de sales engloba peligros de acumulación de sales solubles en el suelo, sin embargo, se tiene efectos benéficos cuando las sales de los fertilizantes son dosificadas sin exceder los límites de calidad del agua y además se prevé el sobreriego. Por lo tanto, los problemas que producen las sales a las plantas cuando se sobrepasan los límites permisibles son: el efecto osmótico y el tóxico (Lemaire *et al.*, 1989).

El efecto osmótico produce dificultades en la absorción del agua por las plantas, para evitar los problemas que se presenten por el osmótico se recomienda dos acciones básicas, estas son: no sobrepasar una conductividad eléctrica de 3 ms/cm y no aplicar soluciones con iones tóxicos para cultivos. Cuando existen problemas de salinidad, es posible aplicar nitrato y fosfato de potasio en lugar de cloruro de potasio, por otra parte, se deben seleccionar el nitrato de amonio y la urea en lugar del sulfato de amonio.

Las causas que originan un incremento en la salinidad del sustrato, después de estar éste colocado en el contenedor son: 1) La presencia de fertilizantes insolubles, como los de liberación lenta, cuando se degradan para producir nitratos o bien, cuando liberan sales mediante difusión, en una cuantía superior a las cantidades absorbidas o lixiviadas; 2) Cuando la cantidad de sales aportadas con el agua de riego o la solución fertilizante es superior a las cantidades absorbidas por la planta o las pérdidas por lixiviación; y 3) Cuando el sustrato presenta una elevada capacidad de intercambio catiónico y al mismo tiempo se descompone con el transcurso del cultivo, liberando nutrientes (Bunt, 1988).

Todas estas situaciones pueden ser prevenidas en gran parte, conociendo las cantidades de fertilizantes requeridas por el cultivo y evitando las aplicaciones excesivas de abonos. Un incremento en la salinidad, si se presentase, puede ser prevenido o corregido, mediante lixiviación controlada. Otras medidas para atenuar los efectos de salinidad son: 1) Mantener el sustrato de cultivo permanente húmedo; 2) No aplicar fertilizantes en polvo ni soluciones fertilizantes con elevada fuerza iónica cuando el sustrato esta seco; y 3) Reducir el estrés de las plantas mediante sombreado e incremento de la humedad relativa ambiente.

La respuesta de las plantas a la salinidad depende de la edad de éstas, de las condiciones ambientales, de las prácticas de manejo del cultivo y de las

características de la especie (ASCE, 1990). El crecimiento inicial son más sensibles a las sales que las fases de crecimiento posterior y desarrollo.

La interpretación de los niveles de salinidad determinada en el extracto de saturación del sustrato, en el cultivo de plantas ornamentales en contenedor son las siguientes:

< 0.74 muy baja.

0.75-1.99 adecuada para plántulas y sustratos ricos en materia orgánica.

2.00-3.49 satisfactoria para la mayoría de las plantas, reducción del crecimiento de algunas especies sensibles.

3.5-5.0 ligeramente elevada para la mayoría de las plantas, adecuada únicamente para especies vigorosas.

> 5 reducción del crecimiento, plantas enanas, marchitamiento y quemaduras de los bordes de las hojas (Escudero, 1993).

PH del suelo

Al aplicar el fertilizante y muchas veces por las mismas sales minerales que contiene el agua, la solución del suelo forma una reacción conocida como pH, que afecta la solubilidad y la disponibilidad de nutrientes. La importancia de esta reacción o pH, es que en el suelo, mantiene una marcada influencia sobre la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes; en general se

consideran un rango de disponibilidad de 6.0 a 7.5 como valores normales, sin embargo, cada cultivo tiene un rango específico para su mejor desarrollo.

Las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas. El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Bajo condiciones de cultivo intensivo, se recomienda mantener el pH del sustrato dentro de un intervalo reducido. El nivel de referencia de pH en extracto de saturación en cultivos de plantas ornamentales fluctúa de 5.2-6.3 (Abad *et al.*, 1993).

RESPUESTA DEL CULTIVO DE ROSAL (*Rosa Spp*) AL MANEJO DE TRES CRITERIOS DE FERTIRRIEGO.

Carlos Arturo Coello-Coutiño¹; Leobardo Bañuelos-Herrera¹; Alfonso Rojas-Duarte¹; Alfonso Reyes Lopez¹.

¹Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

RESUMEN

Con el propósito de generar alternativas que favorezcan a elevar la calidad y cantidad de flores, se estudiaron tres criterios de fertirriego: ppm de fertilizante en el riego (100, 200 y 400 ppm), g/m/mes (1.20-0.70-2.40 gr/planta) y recuperación de niveles nutritivos (0.40-0.70-1.70 gr/planta), en la producción del cultivo de rosas cv. "Raphaella" bajo condiciones de invernadero. Las variables estudiadas fueron: longitud y diámetro de vara floral, longitud y diámetro de botón floral, arreglo foliar y conductividad eléctrica (salinidad). Los resultados indican que el criterio ppm de fertilizante mostró mayor longitud de vara floral, en promedio los tratamientos (400 y 200 ppm) alcanzaron 53.58 y 53.29 cm respectivamente, mientras que el testigo alcanzó solamente 43.83 cm. La longitud de botón observada reflejó los mismos efectos en longitud de vara floral, al mostrar el testigo un máximo de 4.25 en comparación con 4.94 y 4.82 cm en 400 y 200 ppm respectivamente. Se encontró que el máximo diámetro de botón fue en 400 ppm donde se obtuvo 4.12 cm, mientras que el testigo únicamente alcanzó 3.20 cm. La conductividad eléctrica fue muy variada en los diferentes tratamientos, sin embargo el tratamiento recuperación de niveles bajos, registro el valor mas alto con 0.930 mmhos.cm⁻¹. Se concluye que fertilizar con 400 y 200 ppm se obtiene mayor longitud de vara, botón floral y diámetro de botón.

PALABRAS CLAVES: flor de corte, fertirriego.

BUSH ROSE (*Rosa Spp*) RESPONSE TO THREE FERTIRRIGATION TREATMENTS.

SUMMARY

With the purpose to generate alternatives related to increase both flower number and quality in the bush rose cv. "Raphaella" under greenhouse condition, three fertirrigation approaches were studied e. g. fertilizer dosage (100, 200 y 400 ppm), amount of fertilizer per surface (1.20-0.70-2.40 gr/plant) and recovery of nutritious levels (0.40-0.70-1.70 gr/plant). The variables studied were: length and diameter of flower stem, length and diameter of the flower head, foliar structure and electrical conductivity (salinity). The results indicate that the fertilizer ppm criteria showed a bigger flower stem, on average the treatments (400 and 200 ppm) reached 53.58 cm and 53.29 cm respectively, while the control reached only 43.83 cm. The flower ball observed reflected same behavior previously floral stem length where control reached a maximum of 4.25 in comparison with 4.94 and 4.82 cm 400 and 200 ppm. It was found that the maximum flower head diameter resulted with 400 ppm (4.12 cm), while the control only reached 3.20 cm. The electrical conductivity varied among the different treatments, however, the recovery treatment of flow nutritious levels gave the highest value with 0.930 mmhos.cm⁻¹. It is concluded that fertilizing with 400 and 200 ppm gives bigger flower stem length, flower head and flower head diameter.

KEY WORDS: cut flower, fertirrigation.

INTRODUCCIÓN

Para el establecimiento de rosas de corte, la preparación del suelo inicia con la toma de muestras del suelo para tener información sobre nutrientes, el pH y la conductividad eléctrica o salinidad del suelo. Las necesidades nutritivas del rosal no son constantes a lo largo de todo el ciclo, hasta que aparece el botón floral la necesidad de nutrientes es baja ya que la planta aprovecha las reservas acumuladas. El momento de máximas necesidades se produce en el momento de crecimiento de tallos y hojas, hasta que se produce el corte de la flor, en este momento vuelve a haber una disminución en las necesidades nutritivas hasta que se vuelven a desarrollar los tallos (Cabrera y Evans, 1996).

La relación de equilibrio más adecuada es una relación 1:1 de N:K. el rosal, tiene altas necesidades nutritivas y la relación nutritiva más adecuada es también 1:1 de N:K. En invierno aumentan los requerimientos de potasio desplazándose la relación N:K a 1:1 a 1:2. La carencia de nitrógeno se traduce en un retraso del desarrollo de las plantas, retraso de la floración, entrenudos cortos, brotaciones débiles y flores pequeñas (Brun y Voisin, 1996).

La fertilización en los cultivos representa un medio que bien manejado puede elevar la calidad y rendimiento de las cosechas. Sin embargo la respuesta de los cultivos a los fertilizantes depende entre otros factores de la cantidad del elemento presente en el suelo antes de la aplicación y de la cantidad aplicada (Payero y Banghoo, 1990). La aplicación de los fertilizantes

puede ser continua a través del ciclo vegetativo lo cual permite un mejor aprovechamiento por el cultivo (Thompson, 1998).

La fertirrigación es la técnica de aplicar fertilizantes en los sistemas de riego presurizados lo cual permite una dosificación racional, en función de la demanda del cultivo, características del suelo, agua y condiciones ambientales específicas; también permite hacer frente a los posibles problemas de contaminación que se puedan originar por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo; el manejo racional de la nutrición de los cultivos imponen ciertas exigencias, la primera es dominar los conceptos teóricos de la nutrición de los cultivos, y la segunda es conocer a profundidad los aspectos de producción relativos al sistema de producción y en particular lo referente a la tecnología del uso de los fertilizantes (Cadahia, 1998; Etchevers, 1997; Castellanos, 1997).

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México en el periodo P-V 2002; con plantas de rosal cv. Raphaella injertadas sobre el portainjerto Manneti de un año de edad que fueron donadas por el Grupo Visaflor ubicado en Villa Guerrero, Estado de México. Las cuales fueron trasplantadas inmediatamente en bolsas de polietileno color negro de 20 kg, de capacidad. Se utilizó un sustrato compuesto por 60% de suelo, 20% de perlita y 20% de estiércol.

El diseño experimental que se empleo fue completamente al azar con tres repeticiones; dando un total de 36 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo compuesta por nueve plantas.

Los tratamientos fueron los siguientes: T2, T3 y T4 se aplico el criterio de 100 ppm de fertilizante; una, dos y tres veces por semana respectivamente; los tratamientos T5 y T6 se aplico el criterio de 200 ppm de fertilizante dos y tres veces por semana respectivamente; en los tratamientos T7 y T8 se aplico el criterio de 400 ppm de fertilizante, dos y tres veces por semana respectivamente. Para los tratamientos T1 (testigo) y T9 se uso el criterio de g/m/mes basándose en lo anterior, se aplico diariamente la fertilización, para manejar el criterio g/planta/semana. A los tratamientos T10, T11 y T12 se aplico el criterio de recuperación de niveles bajos, medios y máximos; la aplicación del fertilizante fue una vez por semana. La formula de fertilización aplicar se calculo en base a un análisis de suelo y foliar, resultando la formula 190-135-310, para los tratamientos T2 al T12 y el testigo fue 170-80-170. Las variables evaluadas de producción fueron longitud y diámetro de vara floral, longitud y diámetro de botón floral, arreglo foliar y conductividad eléctrica.

Para este trabajo se estudiaron tres criterios de fertirriego: ppm, g/m/mes y recuperación de niveles nutritivos, los cuales consistieron en lo siguiente:

ppm de fertilizante en el riego. Está técnica consistió en aplicar en cada riego de 100 a 400 ppm de fertilizante (N-P-K), de una formula que se

define en base a un análisis de suelo. La concentración de fertilizante a emplear fue en forma continua o intercalado agua con fertilizante y agua sola.

g/m/mes. Esta técnica consistió en fraccionar la formula a manejar por hectárea y se trasladó a metros de cama, aplicándose esta mensualmente. Existe diferentes criterios de aplicación en función del tipo de elemento nutritivo, el nitrógeno se aplicó cada semana, el fósforo cada mes y el potasio cada 15 días.

Recuperación de niveles nutritivos. Este criterio obliga a la realización de un análisis mensual de suelo, con el fin de conocer los niveles que tienen los nutrientes en el suelo con respecto a los estándares que deben de tener, aplicando en el termino de un mes aquellos elementos que se encuentren deficientes (Bañuelos, 1996).

Los fertilizantes utilizados para los tratamientos T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T10, T11 y T12 fueron nitrato de amonio (33.5-00-00), ácido fosfórico (00-32-00) y nitrato de potasio (14-02-46) y para los tratamientos T1 y T9 se utilizaron las mismas fuentes de nitrógeno y potasio, y como fuente de fósforo se utilizo fosfato monoamónico (10-52-00).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud de vara floral.

Los resultados del análisis de varianza para esta variable mostraron diferencia altamente significativa para los tratamientos del criterio ppm de fertilizante. La prueba de medias ($DMS \leq 0.05$) indicó que la mayor longitud de vara se obtuvo en el criterio ppm. Mientras el testigo alcanzo solamente 43.83 cm en promedio, los tratamientos 400 y 200 ppm de fertilizante alcanzaron 53.58 y 53.29 cm respectivamente (Figura 1).

Aunque, para diámetro de vara, no hubo diferencia significativa, se puede mencionar que el criterio 200 ppm, supero al resto de los tratamientos, presentando un diámetro aceptable dentro de la clasificación internacional (0.4-0.8 cm). Sin embargo, para diámetro de vara no hubo diferencia significativa, además de ello el criterio 200 ppm, supero el resto de los tratamientos, presentando un diámetro de 0.5053 cm. Siendo de importancia esta característica en la calidad.

Los resultados, demuestran que con los criterios ppm se tiene mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (Subiros y Berth, 1998), viéndose reflejado en la longitud y diámetro de vara, las cuales son los elementos mas importantes en el valor comercial y calidad de empackado (Solano, 1993).

Longitud y diámetro de botón.

El análisis de varianza indico diferencia altamente significativa para el criterio ppm. Los resultados de la prueba de medias ($DMS \leq 0.05$) señalo que con los tratamientos 400 y 200 ppm se obtuvo una longitud de botón de 4.94 y 4.82 cm respectivamente en comparación con el testigo el cual solamente alcanzo 4.25 cm (Figura 2). Así mismo, la prueba de medias para diámetro de botón mostró que con 400 ppm (T8) se obtuvo 4.12 cm (Figura 3).

Las características de longitud y el diámetro de botón determinan el tamaño de la flor, donde la relación longitud diámetro debe ser 1:2 depende principalmente de los factores ambientales, intensidad de la luz, temperatura, etc. (Kool, *et al.*, 1991). Sin embargo, el aspecto nutricional juega un papel muy importante (Sarro, *et al.*, 1989).

Resultados similares han sido también obtenidos con concentraciones que se encuentran dentro del rango estudiado en la presente investigación con rosales cv. "Royalty" por Aceves (1999).

Conductividad Eléctrica.

Los valores obtenidos en la conductividad eléctrica fueron muy variables en los diferentes tratamientos, se puede observar que en todos se registro una tendencia a incrementar este valor (Figura 4). En la columna de los promedios se observa que el T10 registro el valor más alto con 0.930 mmhos/cm. La

conductividad eléctrica refleja la cantidad de sales presentes en el suelo, siendo una propiedad química muy importante para el cultivo del rosal, ya que al existir un exceso de sales por arriba del rango óptimo del cultivo este encontrará dificultad para obtener el agua y nutrientes necesarios para realizar sus funciones fisiológicas en forma normal.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones utilizadas en este estudio se concluye que el cultivo del rosal fertilizados a 400 y 200 ppm tres veces por semana alcanzaron mejor longitud de vara, longitud de botón y diámetro de botón, que aquellos fertilizados con el criterio g/m/mes, ya que se utiliza mayor cantidad de fertilizante. La Conductividad eléctrica, no fue un factor determinante en el desarrollo del rosal.

LITERATURA CITADA

- ACEVES, M.J. 1999. Efecto de fertirrigación en rosal (*Rosa Spp*) cv. Royalty bajo diferentes dosis y frecuencia de aplicación. Tesis de Maestría. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 88 p.
- BAÑUELOS, H.L. 1999. Nutrición Vegetal. En: XIX Simposium Internacional de Agronomía. ISTEM. Campus Monterey. 30 de octubre de 1999.
- BRUN, R., CHAZELLE, L.; S. VOISIN. 1996. Nychthemeral uptake of water and nitrate (NO_3^-) during the growth of rose plants in hydroponic culture. II International Rose Symposium. Acta Horticulturae. 424: 22-26.

- CABRERA, R.J.; R.Y. EVANS. 1996. Inorganic nitrogen loading and distribution in soil profiles beneath rose greenhouses. III International Symposium on Rose Research and Cultivation. Acta Horticulturae. 547: 15-18.
- CADAHIA, L.C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. 475 p.
- CASTELLANOS, J.Z. 1997. Las curvas de acumulación nutrimental en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación. En 2º Simposium Internacional de Fertirrigación. Querétaro, Qro. pp. 78-82.
- ETCHEVERS, B.J. 1997. Evaluación del estado nutrimental del suelo y de los cultivos fertirrigados. En: II Simposium Internacional de Fertirrigación. Querétaro, Qro. pp. 51-60.
- KOOL, M.T.N.; VAN DE POL, P.A.; W.T. BERENTZEN. 1991. "Formation and early development of bottom breaks in Motrea roses". Scientia Horticulturae.48: 293-298.
- PAYERO, J.O.; M.S. BHANGOO. 1990. Nitrogen fertilizer management practice to enhance seed production by Anaheim chili. J. Americ. Soc. Hort. Sci. 11: 245-251.
- SARRO, M.J.; SÁNCHEZ, M.J.; MIYAR, C.; P. ZORNOZA. 1989. "Nutritional requirements of two rose cultivars grown in gravel culture". Acta Horticulturae, 246: 219-222.
- SUBIROS, J.F.; F. BERTHSCH. 1998. Utilización de fertilizantes líquidos nitrogenados en tres ciclos de producción comercial de caña de azúcar en guanacaste. Agronomía costarricense 22(1):89-98.
- THOMPSON, T.L. 1998. Fertigation of vegetable crops: the Arizona experience. Segundo Simposium Internacional de Fertirrigación. Cd. Obregón, Sonora.

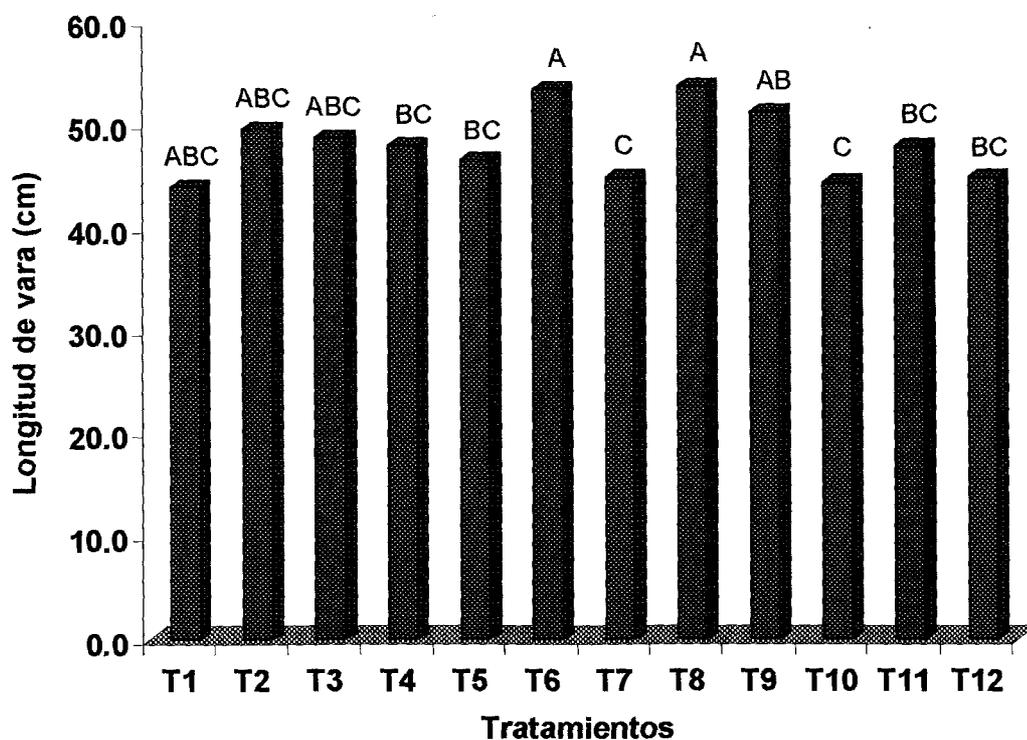


Figura 1. Comparación para la longitud de vara en rosal cv. Raphaella bajo diferentes criterios de fertirriego (DMS $P \leq 0.05$)

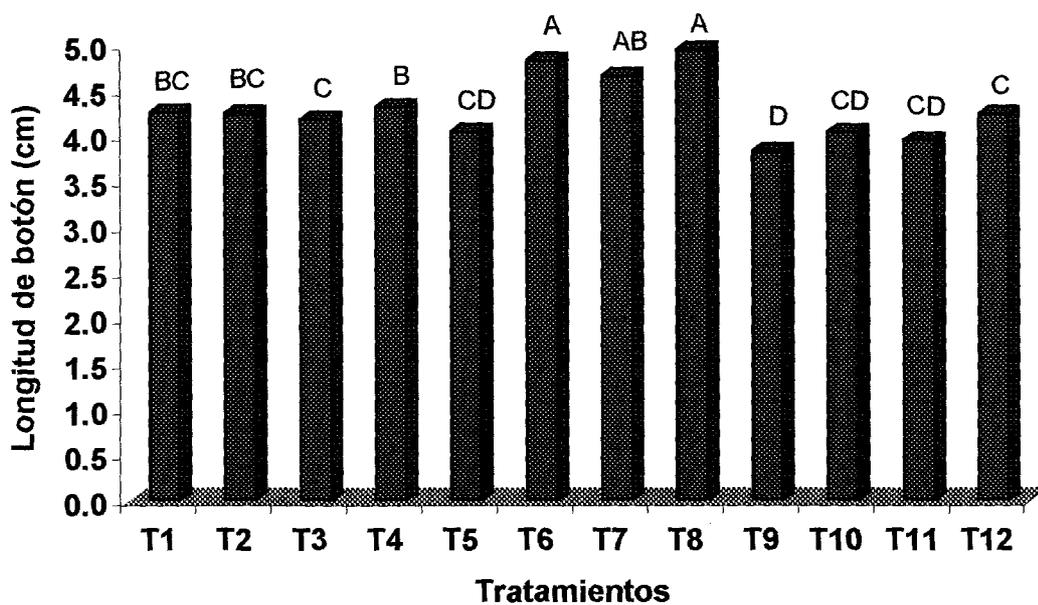


Figura 2. Comparación para la longitud de botón en rosal cv. Raphaella bajo diferentes criterios de fertirriego (DMS $P \leq 0.05$).

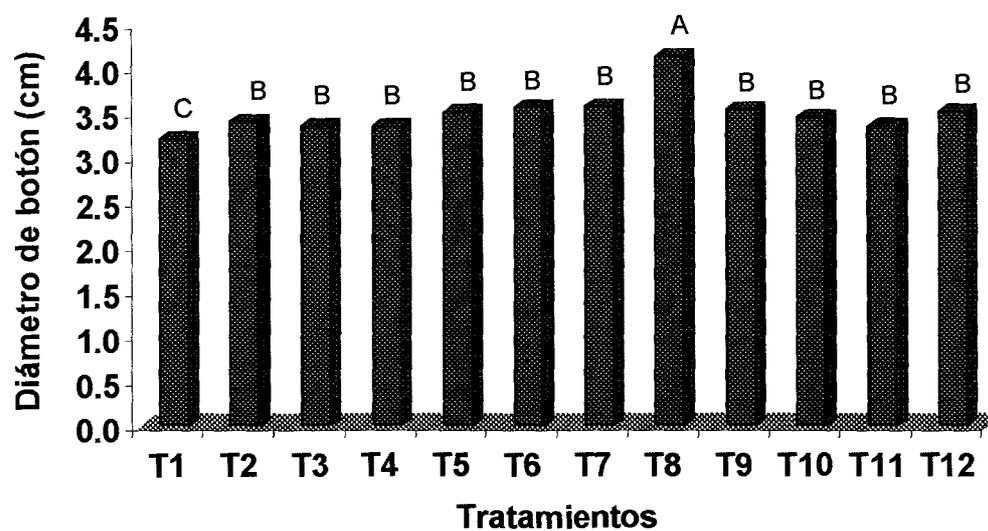


Figura 3. Comparación para el diámetro de botón en rosal cv. Raffaella bajo diferentes criterios de fertirriego (DMS $P \leq 0.05$).

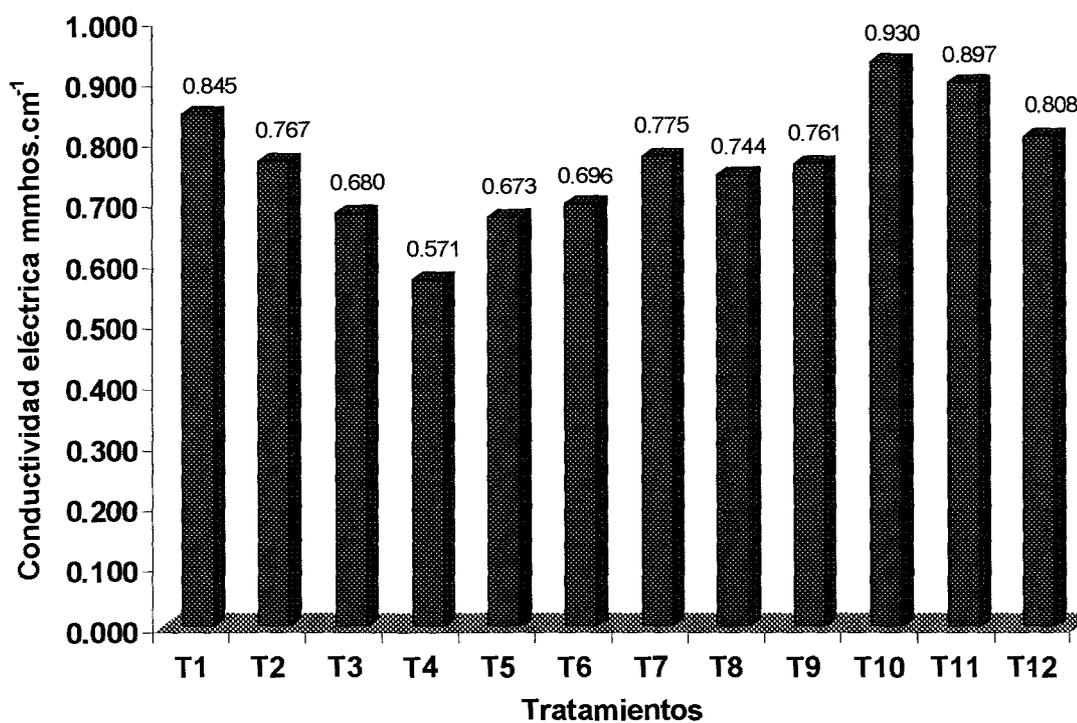


Figura 4. Comparación de la conductividad eléctrica en rosal cv. Raffaella bajo diferentes criterios de fertirriego (DMS $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones utilizadas en este estudio se concluye que el cultivo del rosal fertilizado a 400 y 200 ppm 3 veces por semana alcanzó mejor longitud de vara, longitud de botón y diámetro de botón, que aquellos fertilizados con el criterio g/m/mes, ya que se utiliza mayor cantidad de fertilizante. La Conductividad eléctrica, no fue un factor determinante en el desarrollo del rosal.

LITERATURA CITADA

- Abad, M. 1991. Los sustratos hortícolas y las técnicas de cultivo sin suelo. En La Horticultura Española en la C.E. Eds. L. Rallo y F. Nuez. Ediciones de Horticultura S. L. pp. 270-280.
- Agroguías, 1999. Proyecto Para la Producción de Hortalizas Bajo Condiciones de Invernadero. pp. 5-6.
- Asaf, A. 1990. Fertirrigation in Greenhouses on Sand Dunes. Proceedings 5th International Conference on Irrigation, 26-27 March 1990. Tel Aviv, Israel pp. 79-87.
- ASCE/American Society of Civil Engineers. 1990. Agricultural Salinity Assessment and Management. Ed. K.K. Tanji. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. New York. 619 P.
- Avidan, A. 1998. Fertirrigation in Vegetables. Gran, Sade Ve-Meshek June 1998. pp. 25-48.
- Bar, Y.B. 1991. Fertilization Under Drip Irrigation. In: Fluid Fertilizer Science and Technology. Palgrave, D.A. (Ed). Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 285-329.
- Bar, Y.B., Apelbaum, A., Kafkafi, U. and R. Goren. 1997. Relationship Between Chloride and Nitrate and its Effect on Growth and Mineral Composition of Avocado and Citrus Plants. J. Plant Nutrition. 20:715-731.
- Barber, S.A. 1984. Soil Nutrient Availability: A Mechanistic Approach. John Wiley and Sons, Inc., NY.
- Berzoza, M.M. y S.N. Chávez. 1997. Fertirrigación en Cultivos Hortícolas. Publicación Especial # 4 CEDEL-CIRNOC- INIFAP.
- _____. 2000. Fertirrigación de las Principales Hortalizas en el Distrito de Riego 05 Delicias. Informe de Investigación CEDEL-CIRNOC-INIFAP-SAGAR. p 21.
- Bunt, A. C. 1988. Media and Mixes for Container-Grown Plants. 2a. Ed. Unwin Hyman Ltd. London. 309 P.

- Bunt, A.C. 1988. Media and Mixes for Container-Grown Plants. Unwin Hyman Lid, London.
- Burt, C., O'Connor, K. and T. Ruehr. 1998. Fertirrigation. The Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA.
- Caballero, M., Mansito, P., Zielsin, N. Rodrigo, J., Melian, J., and O. Renz 1996. Water use and Crop Productivity of Roses Growing on Volcanic Lapill in the Canary Islands. *Acta Horticulturae*. 547.
- Cabrera, R.I., Evans, R. Y. y J.L. Paul. 1995. The uptake of nitrate and ammonium by greenhouse roses. Second International Symposium on Roses. *Acta Horticulturae*. 424. pp. 53-58.
- Cadahia, L.C. 1998. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales Ediciones Mundi-Prensa. p. 475.
- Cao, W. and T. Tibbits. 1993. Study of Various NH_4/NO_3 Mixtures for Enhancing Growth of Potatoes. *Journal of Plant Nutrition*: 15: 1691-1704.
- Castellanos, I. 1996. La Floricultura Intensiva como Alternativa del Sector Primario Para la Exportación en Gran Escala. UNAM.
- Castellanos, J.Z. 1997. Las curvas de Acumulación Nutricional en los Cultivos Hortícolas y su Importancia en los Programas de Fertirrigación. En 2º Simposium Internacional de Fertirrigación. Querétaro, Qro. pp. 78-82.
- Cid, M.C., Socorro, A.R. y N. Zieslin. 1996. Changes in nutrient solution caused by volcanic Zinder media of soilles greenhouse roses in the Canary Islands *Acta Horticulturae*.
- Clark, G.A., Stanley, C.D., Smajstrla, A.G. y F.S. Zazueta. 1995 Consideraciones Para el Diseño de la Microirrigación Para la Producción de Hortalizas. In: El Uso de la Plasticultura para la Producción Intensiva de Cultivos Hortícolas. Curso Nacional de Fertirrigación del INIFAP.
- Conti, M.E. and M.M. Zubillaga. 1994. Relationship between soil Potassium and the mineralogical characteristics of each textural fractions. In: XV International Soil Science Congress. México. pp. 38-39.
- Contijoch, E.M. 1998. Resultados del Programa de Fertirrigación y Perspectivas a Corto Plazo. III Simposio Internacional de Fertirrigación. León Guanajuato. Julio 1998. pp. 203-216.
- Cronquis, A. 1989. Introducción a la Botánica. 2ª Ed. Cia. Editorial Continental S.A. de C.V. México, D.F. p. 848.

- Darwich, N. 1998. Manual de Suelos y Uso de Fertilizantes. Ed. Talleres Gráficos. Armedinho. p. 182.
- Díaz, Z. M. y J. H. Grove. 2000. Fósforo: la variabilidad. Fertilización especial y siembra directa. pp. 16-23.
- Elam, M., Ben, A. and H. Magen. 1995. The Dissolution of Different Types of Potassium Fertilizers Suitable for Fertirrigation. In: Proc. Dhalia Greidinge Int. Symp. On Fertirrigation. Technion, Haifa, Israel, 26 March-1 April 1995 pp 165-174.
- Escudero, J. 1993. Cultivo hidropónico del tomate. En: Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelo. Almería. pp. 261-267.
- Etchevers, B.J.D. 1997. Evaluación del Estado Nutricional del Suelo y de los Cultivos Fertirrigados. En: II Simposium Internacional de Fertirrigación Querétaro, Qro. pp. 51-60.
- Feigin, A., M., Zwibel, I., Rilski, N., Zamir and L. Levav. 1980. The Effect of Ammonium/nitrate Ratio in the Nutrient Solution on Tomato Yield and Quantity. Acta Horticulturae. 98: 149-160.
- Feil, B., Thiraporn, R., and P. Stamp. 1993. In Vitro Nitrate Reductase Activity of Laboratory-Grow Seedling as an Indirect Selection Criterion For Maize Crop Sci. 33: 1280-1286.
- Ferrer, F. y P. J. Salvador. 1986. La producción del rosal en cultivo protegido Ed. Universal Planta, S.A. Valencia.
- Gammore, N.R. and U. Kafkafi. 1980. Root Temperature and Percentage $\text{NO}_3/\text{NH}_4^+$ Effect on Tomato Plants. I Morphology and Growth. Agron. J. 72: 758-761.
- _____. 1983. Root, Temperature and Percentage $\text{NO}_3/\text{NH}_4^+$ Effect on Strawberry Plants. I Growth, Flowering and Development. Agron. J. 75: 941-947.
- García, G., Hernández, C. y L. Martínez. 1999. Floricultura en México y Entorno Mundial. Investigación al Día. ITESM-CEM. 1: 1-2.
- Gething, P. A. 1994. Actualidad del Potasio. Instituto Internacional de la Potasa pp. 96-106.
- González, M.G., Moreno, G., Conti, M.E. y A. M. de la Horra. 1999. Cambios en la Fijación-Liberación de Potasio en Arguidoles con Distinto Tipo de Arcilla y Saturación Potásica. Ciencia del Suelo. 17: 27-31.

- Hagin, J. and A. Lowengart. 1999. Fertirrigation-State of the Art. The International Fertilizer Society Proceedings No. 429.
- Hartz, T.K. 1995. Manejo del Agua en la Producción de Hortalizas con Riego por Goteo. In: El Uso de la Platicultura para la Producción Intensiva de Cultivos Hortícolas. Curso Nacional de Fertirrigación del INIFAP.
- Imas, P., Bar, B.Y., Kaufkafi, U., and R.N. Gammore. 1997. Release of Carboxylic Anions and Protons by Tomato Roots in Response to Ammonium Nitrate Ratio and pH in Nutrient Solution. *Plant and Soil* 191: 27-34.
- Kafkafi, U. 1987. Plant Nutrient Under Saline Condition. *Fert. Agric.* 95: 3-17.
- Kremer, S. and E. Margalit. 1992. Irrigation and Fertilization Guidelines in Tomato, Pepper and Eggplants. Extension Service, Ministry of Agriculture, Israel.
- Larson, R.A. 1988. Introducción a la floricultura. AGT-editores. S.A. México. D.F. 551 p.
- Lemaire, F., Darigues, A., Riviere, L. M. and S. Charpentier. 1989. Cultures en Post et Conteneurs. *INRA-PHM Revue Horticole*, París-Limoges. 184 P.
- Lupin, M., Magen, H. and Z. Gambash. 1996. Preparation of Solid Fertilizer Based Solution Fertilizers Under "Grass Root" Field Conditions. *Fertilizer News*. The Fertilizers Association of India (FAI), 41:69-72.
- Maas, E.V. and G.J. Hoffman. 1997. Crop State Tolerance-Current Assessment. *J. Irrigation Drainage Div. ASEC.* 103: 115-134.
- Magen, H. 1995. Fertirrigation: An Overview of Some Practical Aspects. *Fertilizer News*. 40: 97-100.
- Marín, M. y Pérez, R. R. 1992. Use of the Foliar Analysis for Evaluation of Soil Fertility in Venezuela. A review. *Revista Agronomica (LUZ)* 9:1-15.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego. New York.
- Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1996. Principios de Nutrición Vegetal. Instituto Internacional de la Potasa. *Potasio*. 10: 377-393.
- Mikkelsen, R. 1989. Phosphorus Fertilization Through Drip Irrigation. *Journal Prod. Agric.* 2: 279-286.

- Payero, J.O. and M.S. Bhangoo. 1990. Nitrogen Fertilizer Management Practice to Enhance Seed Production by Anaheim Chili. *J. Americ. Soc. Hort. Sci.* 11: 245-251.
- Pierzynski, G.M., Thomas S.J. and G.F. Vance. 1994. *Soils and Environmental Quality*. De. Lewis Publisher. p. 312.
- Reed, D.W. 1996. *Water and Nutrition for Greenhouse Crop. A Grower's Guide*. Ball Publishing. Illinois, Chapter 9. Tissue analysis and Interpretation.
- Rhoades, J.D. and J. Loveday. 1990. Salinity in Irrigated Agriculture. In: *Irrigation of Agricultural Crops*. B.A. Stewars and D.R. Nielsen (Eds.). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 1089-1142.
- Rubio, B. and A.F. Gil. 1995. Potassium Fixation in Suspensions of Soil of Galicia (N.W. Spain). *Soil Sci. Plant Anal.* 26: 577-591.
- Salisbury, F.B. y C.W. Roos. 1994. *Fisiología Vegetal*. Ed. Grupo Editorial Iberoamerica S.A. de C.V de México D.F. p. 789.
- Santamaría, P., Elia, A., Parente, A. and F. Serio. 1998. Fertilization Strategies for Lowering Nitrate Content in Leafy Vegetables: Chicory and Rucker Salad Cases. *Journal Plant Nutrition.* 21: 1791-1803.
- Scaife, A. and B.Y. Bar. 1995. *Nutrient and Fertilizer Management in Field Grown Vegetables*. IPI Bulletin No. 13. International Potash Institute, Basel, Switzerland.
- Sneh, M. 1995. The History of Fertirrigation in Israel. In: *Proc. Dhalia Greindinger Int. Symp. on Fertirrigation*. Technion, Haifa, Israel, 26 March-1 April 1995. pp 1-10.
- Summer, E. M. 2000. Diagnostico de los Requerimientos de Fertilización de Cultivos Extensivos. En: *VIII Congreso Argentino de Siembra Directa, AAPRESID*. Mar de plata. 16-18 Agosto 2000.
- Tarchitzky, J. and M. Magen. 1997. Status of Potassium in Soils and Crops Israel, Present K use Indicating the Need for Further Research and Improved Recommendations. Presented at the IPI Regional Workshop on Food Security in the WANA Region, May 1997, Bormova, Turkey.
- Thompson, T.L. 1998. Fertigation of Vegetable Crops. The Arizona Experience. Segundo Simposium Internacional de Fertirrigación. Cd. Obregón, Son.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1990. *Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes*. Ed. UTHERA. México. 760 p.

- Trejos M., J. A. 1988. Curso sobre nutrición y manejo del cultivo de rosal y de invernadero, Grupo Visaflor, Villa Guerrero, Edo. de México. 50 P.
- Tsujita, M.J. 1991. Nutritional study of roses in recirculating systems. Joseph Hill Mem-Found. Report.
- Universal Planta. 1988. Boletín informativo No. 14 Sevilla España. pp. 9-10.
- Villarreal, M.R., Alcántar, G.G., Baca, G.C. Martínez, J.H., Volke, V.H. y L.Ch. Tijerina. 1998. Nutrición Balanceada en Fertigación y su Efecto en la Producción y Calidad de Tomate. Segundo Simposium Internacional de Fertirrigación. Cd. Obregón, Son.
- White, J.W. 1987. Fertilization. En *Roses: a manual on the culture, Management, Diseases and Insects of Greenhouse Roses*. Ed. Laghans R. W.
- Wolf, B., Fleming, J. and J. Batchelor. 1985. Fluid Fertilizer Manual. Vol. 1. National Fertilizer Solutions Association, Peoria, Il.
- Zaidan, O. and A. Avidan. 1997. Greenhouses Tomatoes in Soils Culture. Ministry of Agriculture, Extension Service, Vegetables and Field Service Departments (in Hebrew).
- Zubillaga, M.M. and M. Conti. 1996. Availability of exchangeable and non-exchangeable K in Argentine soils with different mineralogies. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 159: 149-153.