

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Biomasa y Crecimiento del Rosal en Función de la Concentración de Nitrógeno y Potasio

Por:

AGUSTIN VARGAS AGUILAR

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Biomasa y Crecimiento del Rosal en Función de la Concentración de Nitrógeno y Potasio

Por:

AGUSTIN VARGAS AGUILAR

TESIS

Presentada como requisito principal para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dra. Daniela Alvarado Camarillo
Coasesor



Dr. Victor Manuel Reyes Salas
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División Agronomía

Santillo, Coahuila, México

Junio del 2019



AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme las fuerzas suficientes durante el transcurso de mi carrera profesional y por darme la dicha de disfrutar cada uno de mis sueños cumplidos al lado de las personas que amo, mi familia.

A mi Alma Mater, la gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Más que mi universidad es mi segunda casa donde pase cuatro años y medio de mi vida como estudiante formándome como buena persona y como profesionista con valores, por abrirme las puertas para culminar con mis estudios con orgullo te representare a donde valla.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Por confiar en mí en este proyecto de investigación, por su amistad y por su amable disposición en dirigir el presente trabajo y darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo como alumno comprometido con nuestra universidad.

A la Dra. Daniela Alvarado Camarillo

Le estoy infinitamente agradecido ya que también confió en mí para la realización de este trabajo y siempre ha estado en la mejor disposición de aclarar mis dudas. Así como también estuvo conmigo cada día de trabajo guiándome para la realización de este trabajo de investigación.

Al MC. Alfredo Sánchez López, Dra. Juana Cruz Santiago, Dr. Armando Hernández Pérez, Dr. Víctor Manuel Reyes Salas, MC. Alfonso Rojas Duarte, Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Porque fueron piezas clave durante mi formación de igual manera me brindaron conocimiento, apoyo, amistad y siempre les estaré muy agradecido.

Al Departamento de Horticultura y a todas y cada una de las personas que forman parte de este departamento en donde pase largas horas en la búsqueda de nuevo conocimiento, me llevo muy buenos momentos y mucho aprendizaje. Les agradezco el estar para apoyarme en estos 4 años.

A mi primo **Jesús Galván Vargas**, y a mi amigo **Alejandro Lozano Mireles**, por todos los momentos divertidos que pasamos durante esta etapa profesional que compartimos juntos y por su valiosa amistad.

A algunos de mis compañeros de generación que cada uno de ellos me enseñó que, aunque seamos diferentes siempre que necesites a alguien ahí van a estar para ti, me llevo gratos recuerdos de ustedes y les agradezco el haber sido parte de mi vida durante este tiempo y sé que nos volveremos a encontrar.

A mis amigos de otras carreras que por asares del destino nos conocimos y que pasamos bueno y no tan buenos momentos, pero siempre me apoyaron cuando más los necesite, o al menos cuando necesitaba ayuda de ellos.

DEDICATORIA

A mis padres, Agustín Vargas Galván y María Aguilar Zarate, que siempre me han apoyado porque durante mi trayectoria se me presentaron obstáculos, pero con el apoyo y los consejos de ellos siempre logre salir adelante. Ya que siempre me apoyaron en cada una de las cosas que he hecho y quiero agradecerles toda fe y paciencia que me tuvieron durante este tiempo lejos de casa y durante toda mi vida, estoy infinitamente agradecido con dios por darme a los mejores padres del mundo y quiero que sepan que este logro es también de ustedes, pues de no estar a mi lado siempre apoyándome para continuar cuando sentí que esto no era para mí, no hubiera logrado cumplir esta meta tan importante y significativa en mi vida, los quiero mucho y agradezco el hecho de darme la vida.

A mis hermanos:

José Elías Vargas Aguilar, Joel Vargas Aguilar y Noé Vargas Aguilar que han recorrido conmigo esta nuestra vida, siempre tratando de seguir mis pasos hacia el mejor camino pues yo hubiera querido como el mayor de sus hermanos que todos hubieran seguido estudiando para que fueran unas mejores personas preparadas en cuanto a nivel académico para un mejor futuro y tuvieran un mejor estilo de vida.

A mi familia en general.

Que de una forma u otra siempre me han apoyado, dándome consejos guiándome por el buen camino, y apoyándome para ser la persona que he logrado ser durante el trayecto de mi vida y mi formación como un profesional.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| ÍNDICE DE FIGURAS | VII |
| INDICE DE CUADROS | VIII |
| RESUMEN | 9 |
| I. INTRODUCCIÓN | 10 |
| JUSTIFICACIÓN | 12 |
| OBJETIVOS | 12 |
| OBJETIVO GENERAL | 12 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| HIPÓTESIS | 12 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 13 |
| ORIGEN, HISTORIA Y DOMESTICACIÓN | 13 |
| VARIEDAD FREEDOM | 13 |
| PORTA INJERTO NATAL BRIER | 14 |
| CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA | 14 |
| CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS | 15 |
| RAÍZ | 15 |
| TALLO | 15 |
| HOJAS | 16 |
| FLORES | 16 |
| FRUTOS | 16 |
| SEMILLAS | 16 |

| | |
|--|-----------|
| ESTACAS..... | 17 |
| REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS | 17 |
| TEMPERATURA..... | 17 |
| HUMEDAD..... | 18 |
| ILUMINACIÓN..... | 18 |
| FERTILIZACIÓN | 18 |
| CULTIVO SIN SUELO | 19 |
| SISTEMA HIDROPÓNICO CERRADO..... | 20 |
| SOLUCIÓN NUTRITIVA | 21 |
| ABSORCIÓN NUTRIMENTAL EN ROSAL | 22 |
| ABSORCIÓN Y METABOLISMO DEL NITRÓGENO..... | 22 |
| TRANSPORTE DEL NITRÓGENO DENTRO DE LA PLANTA | 23 |
| DEFICIENCIA DE NITRÓGENO..... | 24 |
| TOXICIDAD POR NITRÓGENO | 24 |
| POTASIO | 25 |
| DEFICIENCIA DE POTASIO. | 25 |
| INTERACCIONES DE NITRÓGENO Y POTASIO | 27 |
| RELACIONES NITRÓGENO/POTASIO | 28 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 30 |
| UBICACIÓN GEOGRÁFICA. | 30 |
| MATERIAL VEGETATIVO Y MANEJO DE PLANTAS. | 30 |
| DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MANEJO DEL SISTEMA HIDROPÓNICO..... | 31 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| CONDUCCIÓN DEL ESTUDIO | 32 |
| MUESTREO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 33 |
| IV. RESULTADOS | 34 |
| BIOMASA FRESCA..... | 34 |
| PESO FRESCO TOTAL. | 34 |
| PESO FRESCO DE TALLO..... | 37 |
| PESO FRESCO DE HOJA | 38 |
| RENDIMIENTO | 40 |
| V. DISCUSIÓN | 43 |
| VI. CONCLUSIONES | 46 |
| VII. LITERATURA CITADA | 47 |
| PÁGINAS ELECTRÓNICAS CONSULTADAS..... | 54 |

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Superficie de respuesta indicando el peso fresco total (g) en la producción de flores de rosas (*Rosa sp.*) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva. 36
- Figura 2.** Superficie de respuesta indicando el peso fresco de tallo (g) de flores de rosas (*Rosa sp.*) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva. 38
- Figura 3.** Superficie de respuesta indicando el peso fresco de hoja (g) en la producción de flores de rosas (*Rosa sp.*) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva. 39
- Figura 4.** Superficie de respuesta indicando el rendimiento (paquetes ha-1) en la producción de flores de rosas (*Rosa sp.*) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva. 42

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Tratamientos evaluados bajo diferentes concentraciones de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva para un cultivo de rosa (Rosa sp.). | 32 |
| Cuadro 2. Efecto de la relación de Nitrógeno y Potasio obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en el peso fresco total de hojas y flor en flor de corte en plantas de rosa (Rosa sp). | 35 |
| Cuadro 3. Efecto de la relación de Nitrógeno y Potasio obtenidas mediante diferentes concentraciones de nutrientes en el rendimiento en flor cortada de plantas de rosa (Rosa sp). | 41 |

RESUMEN

En la actualidad el rosal es una de las ornamentales de mayor demanda a nivel tanto nacional como mundial, es por ello que el mercado exige una alta producción y calidad, por lo que es necesario modificar los sistemas de producción bajo condiciones de invernadero con el fin de evitar el uso excesivo de fertilizantes y generar un ahorro en el uso eficiente del recurso agua. Bajo sistemas hidropónicos cerrados de producción la nutrición es fundamental para el desarrollo óptimo del cultivo. Entre los nutrimentos más demandados por el cultivo: el N (Nitrógeno) y el K (Potasio), son usados en enormes cantidades, por lo que es importante conocer la concentración adecuada de ambos ya que los productores no cuentan con un plan de fertilización adecuado para su aplicación. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la relación N/K y la concentración en la solución nutritiva en el desarrollo de la flor de corte de rosa (*Rosa* sp.) En el presente estudio se evaluaron 14 tratamientos con diferentes niveles de N/K. El tratamiento con 8 meqL⁻¹ y 7.9 meqL⁻¹ de N/K respectivamente, mostró los mejores resultados en cuanto a rendimiento por hectárea, por lo que se concluye que es el balance óptimo ya que permite obtener tallos y botones de calidad comercial, así como un rendimiento aceptable.

Palabras clave: *Rosa* sp., ornamentales, Nitrógeno, Potasio, cultivos sin suelo, eficiencia del uso de fertilizantes.

I. INTRODUCCIÓN

La rosa es una flor sumamente apreciada en jardinería. En realidad, es la flor ornamental por excelencia y probablemente la más popular de todas las flores de jardín. Es una planta exótica de gran interés ornamental que pertenece a la familia de las Rosáceas (Álvarez, 1980).

Las rosas que se cultivan hoy en día son el resultado de numerosos procesos de cruzamiento y selección, que han dado lugar al establecimiento de tipos y variedades de acuerdo al tamaño y número de flores (Caballero, 1997). Dentro del sector de flor cortada la rosa es el cultivo más importante a escala mundial, calculándose que hay más de 4 000 hectáreas destinadas a su cultivo. Así mismo, la rosa junto al clavel y al crisantemo tiene un lugar destacado en el comercio internacional de flores (Banssou, 2001).

A nivel nacional, el Estado de México es el principal productor con un volumen de 6.89 millones de gruesas (80.8% de la producción nacional); seguido de algunos estados como lo son Morelos, 725.5 mil gruesas (8.5%); Querétaro, 597.1 mil (6.1%), y Puebla, 621 mil gruesas (4.1%). De tal manera que estas cuatro entidades producen el 99.5% del total de la producción nacional, equivalente a 7.94 millones de gruesas y estas sumaron un crecimiento entre 2016 y 2017 de 5.5%(SAGARPA, 2018).

Los sistemas de producción en la actualidad se han orientado hacia el cultivo en condiciones de invernadero con el uso de sistemas hidropónicos, aunque, en nuestro país ésta tecnología actualmente está enfocada principalmente a la producción de hortalizas y no a las flores de corte. La implementación de éstos

sistemas a la floricultura permitirá obtener mayor producción para los mercados de exportación (Barrera-Aguilar, 2013)

Para cumplir con tal objetivo, se requieren estudios relacionados con la nutrición de la rosa bajo este sistema, ya que, aunque los productores de rosa cultivan bajo un sistema convencional carecen de un manual tecnológico que les facilite obtener los rendimientos equiparables a productores de otros países (SAGARPA, 2018). En México se presentan diversas problemáticas ya que no se cuenta con una regulación en el uso de fertilizantes, lo que provoca un alto deterioro de los suelos y mantos acuíferos (Gomora-Jimenez et al., 2006). Uno de los factores más importantes en la producción de cultivos sin suelo es la nutrición mineral (Quesada-Roldan y Bertsch-Hernández, 2013). Los fertilizantes mayormente usados son el N y el K. El N favorece el desarrollo vegetativo e intensifica el color verde de las hojas, es constituyente de componentes celulares esenciales como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y, además, es regulador de ciertos minerales y otros nutrimentos (Sedano-Castro et al., 2011). Por otro lado, el K está caracterizado por una alta movilidad en plantas a todos los niveles, dentro de las células individuales, además de que es el encargado de la apertura y cierre estomático y así como en el transporte a larga distancia vía el xilema y floema (Hawkesford et al., 2012). Debido a la importancia de estos dos elementos en la producción de flor de corte en rosa y a el desconocimiento de la aplicación adecuada y la problemática ambiental, se realizó esta investigación con el fin de conocer cuál es el requerimiento de N y K para la flor de corte en rosa en un sistema hidropónico cerrado en un cultivo sin suelo.

Justificación

La presente investigación pretende determinar la aplicación óptima de N y K durante el desarrollo de la flor de corte en rosa (*Rosa* sp.) en un sistema hidropónico cerrado en un sistema de cultivo sin suelo.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la aplicación óptima nutrimental de N y K en plantas de rosa ya formadas de dos basales en un sistema hidropónico cerrado en cultivo sin suelo.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la concentración de N y K en la zona de corte en plantas de rosal sobre el peso fresco de tallo hoja y rendimiento en un sistema hidropónico cerrado en cultivo sin suelo.

Hipótesis

Existe una concentración óptima de N y K para la flor de corte en plantas de rosal que nos genere un mayor rendimiento y peso fresco en un sistema hidropónico cerrado en cultivo sin suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen, historia y domesticación

El cultivo de la rosa (*Rosa* sp.) inició hace muchos años, siendo considerada como símbolo de belleza (Bañon et al., 1993). Sin embargo, al transcurso de los años la especie ha sido mejorada por la mano del hombre, los cultivares actuales de rosa son híbridas de las especies nativas, como la *Rosa gigantea* y *Rosa chilensis* que fueron hibridadas en china antes de 1800 para producir la Té de china (Larson, 1987). Esta rosa se introduce en occidente en el año 1973, sirviendo de base a numerosos híbridos creados desde esta fecha tanto en Estados Unidos como en Europa (Bañon et al., 1993). El famoso cultivar *American Beauty* fue introducido alrededor de 1880 y por años se mantuvo como una de las flores cortadas más populares (Larson, 1987).

Sin embargo, el gran avance en la producción comercial de rosas tuvo lugar en Estados Unidos, por los años treinta, gracias a la tecnificación del cultivo y la promulgación de una ley en el año de 1932 que protege a los obtentores de rosas (Bañon et al., 1993).

Variedad Freedom

La variedad 'Freedom' fue obtenida por la empresa rosen tantau situada en Alemania esta variedad presenta una flor roja de botón grande, seleccionada para el cultivo en ambientes frescos con alta intensidad de luz, especialmente en Sur y Centroamérica. Es resistente a enfermedades, principalmente al mildiu veloso, Las flores tienen una larga vida en de anaquel y no tienen dificultad para transportarse. La planta es muy robusta y tiende a alcanzar una productividad aproximada de 1 - 2 tallos por planta por mes (Rosen-Tantau, 2005)

Porta injerto Natal Brier

Se utiliza principalmente en Holanda por ser un patrón muy vigoroso en comparación con Canina y Manetti, tiene buena producción en invierno y le facilita a la planta la cualidad de basalear muy poco, además presenta una desventaja ya que es compatible solo con algunas variedades. Se tienen informes de que después de dos o tres años es probable que su vigor disminuya en las plantas y este pueda ser apreciado (Patrones de Rosas, 2013).

Clasificación taxonómica

La rosa (*Rosa* sp.) es una planta perteneciente a la familia de las Rosáceas (Álvarez, 2005). De acuerdo a (Bañon et al., 1993) la rosa se encuentra ordenada científicamente dentro de los siguientes grupos botánicos:

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotiledóneas

Superorden: Rosidas

Orden: Rosales

Familia: Rosáceas

Subfamilia: Rosoideas

Tribu: Roseas

Género: Rosa

Características botánicas

El rosal es una planta arbustiva robusta, con ramas leñosas, de porte abierto y normalmente espinosas, la rosa es cultivada ya desde hace muchos años, además se considera la gran facilidad de la planta para generar hibridaciones, se sabe que los tipos cultivados en la actualidad se diferencian demasiado del rosal silvestre (Bañon et al., 1993).

Ya que el rosal es una planta leñosa y caduca, en invierno vive de sus reservas almacenadas un tiempo, lo que nos muestra la capacidad de respuesta que tiene la planta a sus condiciones de cultivo (Bañon et al., 1993).

Raíz

La rosa posee raíz pivotante, vigorosa y profunda. En las plantas que vienen de estacas este carácter se pierde, puesto que el sistema radical del rosal se vuelve proporcionalmente pequeño (aproximadamente entre 5-10 % del peso total), por lo que su capacidad productiva es menor y al cabo de uno a dos años la calidad de la flor disminuye significativamente. En las plantas injertadas, el sistema radical es bien desarrollado, lo que permite a estas plantas lograr una mayor producción y calidad de las flores (Vidalie, 1992).

Tallo

Los rosales tienen tallos lignificados, crecimiento erecto o sarmentoso, color verde o con tintes rojizos o marrón cuando jóvenes, cambiando de pardo a grisáceo a menudo que envejecen; con espinas más o menos desarrolladas y distintas formas, encontrándose variedades con muy pocas de estas (Weyler y Kusery, 2001).

Hojas

La hoja de los rosales, está compuesta de cinco o siete folíolos y tiene una superficie lisa, el brillo varía mucho según la variedad considerada. Algunas son brillantes como si recientemente se le hubiera tratado con aceite; pero, al contrario, otras son totalmente mates. Las hojas de muchas variedades suelen cambiar entre dos extremos y por ello, se encuentran distinguidas en tres grupos básicos: brillante, semibrillante y mate. No todas las hojas presentan cinco o siete folíolos, además de que algunas tienen un follaje denso, muy atractivo, formado de numerosos folíolos pequeños. mientras tanto, existen hojas con nervaduras profundas rugosas, que les proporcionan un aspecto característico y observamos que la superficie de las hojas no siempre es lisa (Hessayón, 1994).

Flores

Comúnmente son, terminales solitarias. Presentan cinco sépalos y tienen lóbulos laterales. Además de que sus estilos siempre están libres (Bañon et al., 1993).

Frutos

Los frutos tienen un receptáculo carnoso, en forma de peonza hueca que rodea muchos carpelos monospermos situados en su pared interna (Bañon et al., 1993).

Después de la caída de las flores, las vainas del fruto coloreadas y carnosas de algunos rosales arbustivos, constituyen una nueva y hermosa decoración en el jardín otoñal (Hessayón, 1994).

Semillas

Las semillas de la rosa generalmente no germinan pronto después de la cosecha debido a la presencia de una cubierta dura en la semilla. Se necesita esperar un

tiempo después de la madurez para que así las semillas estén listas para germinar.

La propagación por semillas es utilizada generalmente por los genetistas de rosa para establecer nuevos cultivares.

El injerto de yema es uno de los métodos más importantes que se utilizan para la producción de plantas nuevas para flor de corte en invernadero (Larson, 1987).

Estacas

No todos los cultivares crecen tan vigorosos como resultan si se injertan sus yemas en diferente patrón. Las estacas deben ser obtenidas de vástagos florales a los que se les ha permitido el desarrollo completo de la flor. Generalmente las estacas preferidas para injertar son las de tres yemas, ya que son más grandes y tienen tejido nodal en la base (Larson, 1987).

Requerimientos climáticos y edáficos

Temperatura

La gran mayoría de los cultivares de rosa prefieren la temperatura de invernadero nocturna de aproximadamente 16°C para su máximo crecimiento. La temperatura diurna que requieren es de 24° a 28°C en días soleados y de 20°C en días nublados o lluviosos. Bajo algunas condiciones del cultivo las temperaturas moderadamente menores o mayores se podrían conservar por un tiempo relativamente corto sin presentarse efectos algo serios desagradables (Larson, 1987).

Humedad

Durante el periodo de brotación de yemas y crecimiento de los brotes, es preferible una humedad de 80 a 90% con el fin de activar el crecimiento. Una caída por debajo de 60% puede ocasionar ciertos desarreglos fisiológicos en algunos cultivares como es la deformación de botones, hojas poco desarrolladas y en algunos casos la caída total de las hojas. Por lo contrario, la alta humedad relativa puede acelerar el desarrollo de enfermedades. Los valores requeridos varían entre 70 -75% (Bañon et al., 1993).

Iluminación

En relación al periodo de floración, en el rosal no se ha encontrado un fotoperiodo establecido en este sentido, es por eso, que puede producirse rosa todo el año sin tener que cambiar artificialmente la duración del día o la noche. En zonas con menos iluminación el color de la flor será menos brillante, la vegetación es más difícil y el desarrollo de enfermedades causadas por hongos es con mayor incidencia (Bañon et al., 1993).

Fertilización

La fertilización mediante la solución nutritiva es en la actualidad el método más común para suministrar los nutrimentos a las plantas de rosa de una manera más eficiente bajo una producción de invernadero. Las aplicaciones se realizan cantidades exactas de la solución concentrada mediante los sistemas automáticos de aspersión o riego. Las cantidades de los elementos utilizados en las soluciones concentradas pueden variar dependiendo el tipo de suelo, análisis de agua o análisis foliar, para que así las plantas estén siempre expuestas a un nivel

relativamente óptimo de nutrientes en el suelo o solución recirculante (Larson, 1987).

Cultivo sin suelo

Un cultivo sin suelo es cualquier sistema que no necesita éste medio para su desarrollo, pudiéndose cultivar en algún sustrato con adición de la solución nutritiva (Baixauli y Aguilar, 2002). Este sistema de producción necesita un continuo suministro de nutrimentos (Favela, 2006).

Existen diferentes sistemas de cultivo sin suelo, los cuales se clasifican en tres grupos según el medio en el que se desarrollan las raíces. El cultivo en agua es un sistema en el cual las raíces de las plantas están suspendidas en un medio líquido (solución nutritiva que contiene los elementos necesarios), evitando la entrada de luz, ya que si esta entra en la solución pueden desarrollarse algunas algas u otros organismos que pueden ocasionar un cambio de color, reducir la acidez de la solución, competir por la toma de nutrientes, menor disponibilidad de oxígeno para la raíz por las noches y a consecuencia un mal funcionamiento de las plantas. La incorporación de oxígeno en la raíz se realiza por medio de una bomba o compresor que facilita que el aire se distribuya en la solución nutritiva a través de cualquier tubería con perforaciones (Resh, 1992).

El cultivo aeropónico consta de mantener las raíces de las plantas suspendidas en aire dentro de una cámara completamente oscura, en la cual se aplica solución nutritiva periódicamente con la finalidad de mantener un 100 % de humedad relativa. La distribución de solución nutritiva se realiza mediante micro aspersores alineados estratégicamente para mantener húmeda la raíz realizando liberaciones de solución nutritiva en intervalos de corto tiempo (Canavas, 1999).

El cultivo en sustrato sólido es un sistema que consiste en la utilización de sustratos inertes (tezonle, grava, arena, vermiculita, peat moss, etc.) que le facilitan a la planta las condiciones necesarias de oxígeno y humedad para su crecimiento y desarrollo. Dentro de los cultivos en sustrato sólido se distinguen tres tipos en función de su manejo. En primer lugar, se encuentran los sistemas que funcionan por aplicación de una solución nutritiva por subirrigación que se aplica a las camas con grava y que fluye rápidamente hacia un depósito. En segundo lugar, se encuentran los sistemas en los cuales el sustrato tiene baja retención de agua y una elevada aireación, en este sustrato el gran tamaño de los poros permite que retenga un mayor volumen de agua; sin embargo, por la baja retención de agua se requiere un aporte muy frecuente de solución nutritiva. En tercer lugar, se encuentran los sistemas en donde se emplea un sustrato como lana de roca, perlita, fibra de coco y arena, con una alta capacidad de retención de agua, de tal manera que requieren una aplicación de riegos muy puntual, en función de las necesidades hídricas de las plantas (Canavas, 1999).

Sistema hidropónico cerrado

El sistema hidropónico cerrado o recirculación de solución nutritiva implica que la solución que drena el sistema se vuelve a incorporar total o parcialmente, como suministro a la fertirrigación de un cultivo (Urrestarazu, 2004).

La recirculación de la solución nutritiva implica reponer la pérdida de agua ajustando la solución nutritiva tomando en cuenta la composición nutrimental, pH y CE. Cuando se implementa este sistema es necesario realizar el análisis químico del agua de drenaje, cambios en los patrones de consumo de agua y nutrientes de

las plantas, además del monitoreo de enfermedades causadas por hongos y bacterias que pueden estar presentes en el drenaje (García et al., 2007).

Dentro de las ventajas del sistema cerrado o recirculación de solución nutritiva se puede decir que como el drenaje se está reutilizando constantemente, puede existir una reducción del lixiviado de nutrientes al medio ambiente, un ahorro significativo de agua y como resultado un mejor control en el abastecimiento de nutrientes, y así un menor riesgo de contaminación del agua subterránea (Dhakal et al., 2005), con el fin de reducir los costos ambientales y económicos.

La desventaja de manejar el sistema cerrado o recirculación de solución nutritiva, es que, al existir un cambio constante en el abastecimiento de nutrientes en la solución nutritiva, genera la posibilidad de crear un desbalance en el ambiente de la raíz, provocando efectos perjudiciales, debido a la deficiencia de nutrientes, toxicidad, o salinidad por lo que es necesario programar análisis químicos frecuentes del drenaje para calcular el consumo de nutrimentos (García et al., 2007). Además, también existe el riesgo de dispersión de enfermedades que se pueden transmitir hacia la raíz con un progreso mínimo de síntomas foliares hasta que la planta muere con la solución de nutrientes reciclados que se aplican. La dispersión de enfermedades en estos sistemas se ve beneficiada por las condiciones ambientales adecuadas que se presentan en la rizósfera (Premuzic et al., 2007).

Solución Nutritiva

Una solución nutritiva (SN) es cualquier medio acuoso enriquecido con macro y micro elementos (Favela, 2006) la cual es utilizada para proporcionar los

requerimientos de la planta y obtener un excelente crecimiento y desarrollo de las plantas (Rodríguez et al., 2001).

Es importante conocer la composición fundamental para preparar una SN: el pH, conductividad eléctrica y la concentración iónica precisa mediante la relación alterna entre aniones y cationes, la temperatura y el oxígeno disuelto (Favela, 2006).

La disponibilidad de los nutrientes depende mayormente de la CE (Conductividad eléctrica) y el pH los cuales son factores que varían en la solución nutritiva y el sustrato de crecimiento (Sooneveld y Voogt, 2009).

Absorción nutrimental en rosal

En las rosas se presenta un ritmo variado de funcionamiento a consecuencia de las reservas y absorción, debido a podas y corte de flor (Ferrer y Salvador., 1986)

En el momento en que las yemas brotan, casi no hay absorción. Esta es muy poca hasta que el botón floral es visible y se logra el tamaño definitivo. El crecimiento en longitud de tallo se obtiene como resultado de las reservas almacenadas en la planta y no de la absorción radicular. Cuando el tallo y las hojas se desarrollan, hay una absorción importante que corresponden a la recuperación de las reservas del rosal. Cuando se corta la flor, la absorción disminuye de nuevo hasta la aparición de los tallos florales siguientes (Ferrer y Salvador, 1986).

Absorción y metabolismo del Nitrógeno

El N forma parte de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, coenzimas y clorofilas y es uno de los principales factores que limitan el crecimiento de las plantas. (Alcántar y Trejo, 2009).

El N se le debe aplicar constantemente al cultivo en forma de nitrato (NO_3), que proporciona una mejor calidad a la flor, especialmente cuando hay una gran cantidad de carbohidratos. La presencia de elementos como molibdeno, hierro y cobre ayudan a favorecer la absorción de los NO_3 por las raíces y ayudan a que sea transformado finalmente en proteínas (Espinosa, 2013).

La reducción del NO_3 es altamente estimulada por la luz, en la mayoría de las plantas el CO_2 y el NO_3 compiten por el poder reductor, principalmente a intensidades lumínicas limitadas (Bidwell, 1993).

Las raíces de muchas de las plantas absorben N del suelo en forma de NO_3 . Y son capaces de mantener concentraciones mayores de este ion en sus células o en la savia xilemática (Devlin, 1982).

En la primera reacción, el NO_3 es convertido a nitrito (NO_2) por la enzima nitrato reductasa (NR). Dicha reacción requiere dos electrones suministrados por una molécula de piridin-nucleótido reducido. En seguida el NO_2 es convertido a NH_4 (amonio) por la NR, en una reacción que requiere seis electrones donados por la ferredoxina reducida. La transformación del NO_3 a NH_4 consume, un total de ocho electrones (Azcón et al., 2008). El poder reductor indispensable se obtiene en las reacciones lumínicas de la fotosíntesis o en la glucólisis y respiración (Azcón et al., 2008).

Transporte del Nitrógeno dentro de la planta

El N es movilizado dentro de la planta formando parte de moléculas tales como asparagina, glutamina, ureidos, arginina, entre otros. Estos compuestos se caracterizan por tener una alta relación N/C (Carbón), que contribuye a la

eficiencia del transporte. El compuesto nitrogenado transportado varía con la especie vegetal, de todas las formas, la asparagina es la más comúnmente usada por las plantas (Azcón et al., 2008).

Uno de los factores que cambia la distribución interna de la transformación del N es la edad de la planta. En las primeras etapas de crecimiento, la contribución de la raíz es mayor que la de las hojas y por el contrario a medida que la planta se desarrolla, la transformación del N por parte de la raíz es mínima e incrementa en las hojas (Azcón et al., 2008).

Deficiencia de Nitrógeno

Las deficiencias de N se observan principalmente en las hojas adultas. A menor disponibilidad de N las plantas disminuyen su crecimiento y son débiles. Las hojas son pequeñas, el color es verde amarillento y las hojas viejas se caen muy pronto. La necrosis de las hojas ocurre en etapas tardías con intolerantes deficiencias de N. El crecimiento de las raíces frena y su ramificación disminuye (Alcántar y Trejo, 2009).

Toxicidad por Nitrógeno

Las plantas toleran excesos de NO_3 mayores que la cantidad de NH_4 presente. Los niveles de este último son muy dañinos para las plantas si no son incorporados en los compuestos carbonados que comprenden N después de la absorción.

La toxicidad de los iones NH_4 se determina como clorosis entre las venas de las hojas nuevas o estas hojas adquieren por completo un color verde amarillento. Con el tiempo, las manchas necróticas de las áreas cloróticas y los síntomas

pueden progresar hacia abajo, al centro de la planta. Los bordes de las hojas se rizan hacia arriba o hacia abajo, las raíces crecen lento, y en algunos casos, las puntas de la raíz pueden morir (Alcántar y Trejo, 2009)

Potasio

El N y K son los nutrientes que se requieren en mayor cantidad por las plantas (Hawkesford et al., 2012). El K representa al catión que es absorbido en mayor cantidad (Alcántar y rejo., 2009).

El K está caracterizado por una alta movilidad en plantas a todos los niveles, es el encargado de apertura y cierre estomático dentro de las células individuales y tejidos, además facilita el transporte a larga distancia vía xilema y floema equilibrio al estrés biótico y abiótico (Hawkesford et al., 2012).

De igual manera el K mejora el crecimiento de la raíz y facilita la absorción de agua y nutrientes, forma parte para la construcción de celulosa, aumenta el contenido de proteínas en la planta, mantiene la turgencia y reduce la pérdida de agua y marchitez, regula los ácidos producidos durante el metabolismo de los carbohidratos en la célula vegetal (Fageria, 2001).

La presencia de este nutriente en la planta varía de 1 a 6% de materia seca. Se trata del catión más abundante en los tejidos vegetales (Sánchez, 2004).

Deficiencia de Potasio.

Los primeros síntomas de la carencia de potasio se observan en las hojas más viejas puesto que el K es un elemento muy móvil en la planta y se desplaza de los tejidos viejos a los más nuevos (Hawkesford et al., 2012).

A pesar de que el K no es un componente de la clorofila, un síntoma obtenido de esta deficiencia es disminuir la cantidad de clorofila (Fageria, 2001).

Al aumentar la cantidad de K a las raíces se incrementa la concentración en varios órganos (Hawkesford et al., 2012).

Los excesos de K se manifiestan muy poco en la mayoría de las plantas, en cultivos hidropónicos se han observado algunos síntomas como: crecimiento lento, quemaduras de hojas y defoliación precoz (Sánchez, 2004).

Interacciones nutrimentales

Las interacciones de nutrientes pueden clasificarse en dos categorías principales. La primera, son las interacciones que ocurren entre iones, debido a que los iones son capaces de formar enlaces químicos, esto es a causa de la formación de precipitados o complejos. La segunda forma de interacción es entre iones diferentes en los cuales sus propiedades químicas tienen mucha similitud y estos compiten por los sitios de adsorción, absorción, transporte y función en las superficies de las raíces o dentro de los tejidos de la planta (Fageria, 2001).

En la nutrición orgánica, se les conoce como sinergistas (positivas) a las interacciones de nutrientes, que al combinarse los nutrientes dan respuesta al crecimiento y demuestra ser mayor que la suma de los efectos individuales, cuando el efecto asociado es menor la interacción es antagonista (negativa), o cuando la falta de interacción es normal (Fageria, 2001).

Interacciones de Nitrógeno y Potasio

Las interacciones de N/K son acompañadas entre ellas en procesos metabólicos, en el proceso de la transformación de NO_3 , el K regula la cantidad de ácidos orgánicos que actúan en la disminución del nitrato (Sánchez, 2004).

Se ha encontrado que los altos niveles de K son primordiales para el uso correcto de N en plantas de cultivo. El K puede favorecer en la absorción de NO_3 , a través de dos procesos. El primero, se ha encontrado de co-transportar en el xilema con el NO_3 presentándose como un ion acompañante de las raíces a las partes aéreas y luego ser regresadas o recicladas hacia abajo vía floema con la molécula de malato. Segundo, porque el NO_3 es absorbido por las raíces de la planta mediante un proceso activo, la absorción podría ser afectada a través de la influencia del K en la translocación de asimilados fotosintéticos, necesarios para apoyar este proceso de absorción activo (Fageria, 2001).

Por otra parte, la absorción de nutrientes y el crecimiento vegetal pueden ser afectados por una interacción entre dos o más nutrientes (Adams, 2004).

La estimulación de la absorción de cationes por aniones, y la de aniones por absorción de cationes, es observada continuamente, y es generalmente una consecuencia de la necesidad para mantener un balance de cargas. Sin embargo, el sinergismo en la absorción de iones puede también ser el resultado de un aumento general en la actividad metabólica de la raíz cuando los nutrientes son suministrados después del periodo de privación (White, 2012).

La comprensión del resultado de las interacciones de nutrientes permite evitar las respuestas inesperadas, las posibles pérdidas de rendimiento y calidad de cultivo. Algunas veces las interacciones de nutrientes tienen un efecto suave en el cultivo

y otras veces éste es marcado. Por lo tanto, es esencial tener algún conocimiento de estas respuestas, si se quiere tener un control real en la producción del cultivo (Adams, 2004).

El N es el elemento más demandado por el cultivo del rosal ya que este es un elemento muy importante en la composición de aminoácidos, ácidos nucleicos y proteínas (Sedano-Castro et al., 2011) Así como también es indispensable para el incremento de la biomasa reflejada en el peso fresco en las plantas (Jan et al., 2011) facilitando la mayor concentración de clorofila en las plantas y así mismo esta les proporciona el color verde brillante a las hojas y el tallo. Además de participar como regulador de algunos elementos como el K.

Relaciones Nitrógeno/Potasio

La numerosa evidencia sobre la relación N/K en los cultivos es consistente con lo que ocurre a diversos niveles de organización celular y permite concluir que una provisión adecuada de potasio es esencial para que el nitrógeno sea utilizado eficientemente. Por lo tanto, precisar el valor crítico de potasio en el suelo en función a la especie y rendimiento esperado parece ser una condición necesaria para comenzar a mejorar la eficiencia de absorción, transporte y asimilación del nitrógeno por los cultivos (Lazcano-Ferrat, 1996).

Está claro que no solamente la concentración absoluta de un nutriente determina la absorción por un cultivo, porque las relaciones mutuas entre nutrientes son mayormente importantes que las concentraciones absolutas (Sooneveld y Voogt, 2009).

El balance o la relación de todos los nutrientes debería de ser tan importante, así como el nivel de un nutriente específico (Huber y Arny, 1985).

Se ha encontrado en varios cultivos que la relación N/K tiene respuestas específicas para cada especie, en un estudio de solución nutritiva con altas tasas de K permitieron un eficiente uso de más N el cual resultó en un precoz crecimiento vegetativo y mayor rendimiento gracias a que se incrementó la relación de N/K, el K puede afectar la absorción y la reducción del NO_3 , una rápida absorción del NO_3 depende de una adecuada concentración de K en la solución del suelo (Anónimo, 1998).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica.

Esta investigación se llevó a cabo en uno de los invernaderos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, ubicado en las siguientes coordenadas geográficas de 25°21'24" latitud norte y 101°2'5" longitud oeste, a una altura de 1761 msnm.

Material Vegetativo y Manejo de Plantas.

El material utilizado para éste experimento fue plantas de rosal (*Rosa* sp.) de la variedad Freedom injertada sobre porta injerto Natal Brier. El trabajo se llevó a cabo en plantas ya formadas de dos basales, las cuales estaban establecidas en contenedores de plástico rígido de 30 x 48 x 20 cm en perlita como sustrato, la cual tenía un 33% de capacidad de retención de agua (v/v), 64% de espacio poroso y una densidad aparente de 0.25 g cm⁻³. Los contenedores estaban colocados en una estructura elevada, mientras que el sistema de recuperación de la solución se estableció por debajo de ésta estructura para establecer un sistema hidropónico cerrado con recirculación de la solución nutritiva. Se utilizaron dos cajas por tratamiento las cuales tenían cuatro plantas cada una plantadas a tresbolillo (Alvarado-Camarillo et al., 2017).

Para evaluar la flor cortada se formó la zona de corte a partir de una poda en la zona de hojas activas en la yema de la segunda hoja pentafoliada el 1 de agosto del 2017, a partir de ésta zona se trabajó realizando actividades de desyemado.

Diseño de Tratamientos y Manejo del Sistema Hidropónico.

Los tratamientos establecidos en el experimento se basaron en la formulación de la solución de Steiner la cual se manejó como el tratamiento control (Cuadro 1). Las soluciones fueron preparadas utilizando agua potable del invernadero, pero considerando sus propiedades químicas para el aporte de nutrimentos. Durante el desarrollo del experimento las variables de pH y conductividad eléctrica (CE) se ajustaron diariamente a 5.5 ± 0.1 con H_2SO_4 (ácido sulfúrico) respectivamente. La CE se mantenía por debajo de 2.0 hasta 1.5 dS m^{-1} . Estas variables se mantuvieron uniformes en los tratamientos establecidos durante todo el desarrollo del experimento. El sistema de riego se realizó a través de goteros de 4 L h^{-1} y 4 piquetas en cada contenedor y fue automatizado con un temporizador para aplicar los tratamientos correspondientes cada 15 min en intervalos de 30 min entre las 7:00 y 19:00 h. Los tratamientos a evaluar fueron 14 con diferentes concentraciones de N/K en base a la solución de Steiner (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados bajo diferentes concentraciones de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva para un cultivo de rosa (*Rosa sp.*).

| Tratamientos | N (meq L ⁻¹) | K (meq L ⁻¹) |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 11.5 | 5 |
| 2 | 8 | 11 |
| 3 | 11.5 | 8 |
| 4 | 11.5 | 8 |
| 5 | 15 | 11 |
| 6 | 15 | 5 |
| 7 | 8 | 7.9 |
| 8 | 13 | 6.5 |
| 9 | 11.5 | 11 |
| 10 = Control | 12 | 7 |
| 11 | 15 | 8 |
| 12 | 9.5 | 6.5 |
| 13 | 13.5 | 9.5 |
| 14 | 9 | 9.8 |

Conducción del Estudio

Al establecer el experimento, se practicó un pinzado en la segunda hoja pentafoliada de la zona de hojas activas, lo que dio lugar a la zona de corte en donde se realizó una aplicación de fungicida a la herida para evitar enfermedades. Durante la formación de la zona de corte, se llevaron a cabo diversas prácticas culturales como el desbrotado lo que consistió en la poda de todos los brotes que emergían de hojas de tres y siete foliolos. Así mismo se realizaron aplicaciones para prevenir y controlar plagas y enfermedades. Para el manejo de la solución

nutritiva en un cultivo sin suelo en un sistema cerrado se calibró pH y CE de forma diaria para mantener los tratamientos uniformes.

Muestreo y Análisis Estadístico

Se seleccionaron 5 repeticiones de cada tratamiento de la zona de corte, los muestreos realizados fueron el 15 de septiembre y 20 de noviembre del 2017 respectivamente. El muestreo fue destructivo, se separaron cada uno de los órganos en: hojas, tallo y botón. A los tallos cosechados se le tomaron las siguientes variables: peso fresco de tallo, hoja y botón utilizando una balanza digital y se registraron los datos.

Los datos fueron procesados con Sigma Plot para obtener las superficies de respuesta que mostrasen las tendencias de las variables en función de la concentración y balance de N y K

IV. RESULTADOS

Biomasa fresca

Peso fresco total.

En cuanto al peso fresco total, así como de hoja y flor, no se observó una diferencia significativa (Cuadro 2), mientras que para el peso fresco del tallo si se detectaron efectos significativos; las plantas nutridas con el tratamiento 3 mostraron un mayor peso fresco de tallo que las que recibieron el tratamiento 14, mientras que el tratamiento control mostró una diferencia significativa en comparación con los tratamientos anteriores. Mientras tanto los tratamientos restantes fueron similares en cuanto a esta variable. Lo anterior sugiere que con un balance $11.5/8 \text{ meqL}^{-1}$ de N/K se obtiene la mayor biomasa fresca en tallos, lo anterior puede reflejar de manera positiva en la vida de poscosecha de las flores. La diferencia significativa con respecto al tratamiento control ($12/7 \text{ meqL}^{-1}$ de N/K) implica que el uso de los fertilizantes debe seleccionarse en base a optimizar su aplicación y costos. Se puede observar que el tratamiento 3 rebasó en cuanto al peso fresco del tallo al obtenido con los tratamientos 1 ($11.5/5 \text{ meqL}^{-1}$ de N/K), 7 ($8/7.9 \text{ meqL}^{-1}$ de N/K), y 13 ($13.5/9.5 \text{ meqL}^{-1}$ de N/K) (Cuadro 2); basándose en las concentraciones de N y K de estas soluciones nutritivas el N en concentraciones mayores de 13 meq L^{-1} o menores de 8 meqL^{-1} son negativas para el peso fresco de tallo.

Cuadro 2. Efecto de la relación de Nitrógeno y Potasio obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en el peso fresco total de hojas y flor en flor de corte en plantas de rosa (Rosa sp).

| Tratamiento | N meqL ⁻¹ | K meqL ⁻¹ | Peso fresco (g) | | | Peso fresco total (g) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------|---------|-----------------------------|
| | | | Hojas | Tallo | Flor | |
| 1 | 11.5 | 5 | 14.10 a | 12.92bc | 14.21 | 41.23ab |
| 2 | 8 | 11 | 14.12 a | 15.99ab | 14.90 | 45.01ab |
| 3 | 11.5 | 8 | 15.33 a | 16.83a | 16.04 | 48.20a |
| 5 | 15 | 11 | 13.34 a | 13.73abc | 13.81 | 40.88ab |
| 6 | 15 | 5 | 13.16 a | 13.96abc | 14.03 | 41.14ab |
| 7 | 8 | 7.9 | 13.34 a | 12.23cd | 13.92 | 39.50bc |
| 8 | 13 | 6.5 | 14.39 a | 15.27abc | 14.42 | 44.07ab |
| 9 | 11.5 | 11 | 14.41 a | 14.14abc | 13.54 | 42.09ab |
| 10 = Steiner | 12 | 7 | 13.80 a | 12.91bc | 15.20 | 41.91ab |
| 11 | 15 | 8 | 14.35 a | 13.75abc | 15.07 | 43.17ab |
| 12 | 9.5 | 6.5 | 14.20 a | 13.70abc | 15.35 | 43.25ab |
| 13 | 13.5 | 9.5 | 13.13 a | 12.26cd | 14.10 | 39.49bc |
| 14 | 9 | 9.8 | 10.60b | 9.73d | 14.08 | 34.41c |
| | Anova | | P<0.023 | P<0.003 | P<0.897 | P<0.011 |

* = Promedios seguidos de la misma letra son no diferentes significativamente de acuerdo a la prueba de Duncan con p<0.

En la Figura 1 se puede apreciar el área experimental en donde se distribuyeron los tratamientos. Observamos que el tratamiento 3 cuenta con una concentración de 11.5 meqL⁻¹ de N y 8 meqL⁻¹ de K, debido a esto resultó con un mayor peso

fresco total por planta de aproximadamente 50 g, el cual está representado por el área de color anaranjado rojizo. Seguido del tratamiento 2 con una concentración de 8 meqL⁻¹ de N y 11 meqL⁻¹ de K, además de un rendimiento de 47.5 g de peso fresco total por planta, está representado por el área de color anaranjado, mientras que el tratamiento 9 tiene una concentración de 11.5 meqL⁻¹ de N y 11 meqL⁻¹ de K, con un rendimiento de 42.5 g de peso total por planta, representado por el color verde, en cuanto a los mínimos los encontramos a una concentración de 9 meqL⁻¹ de N y 9.8 meqL⁻¹ de K con un peso total de 35 g por planta en el tratamiento 14 representado por el color morado.

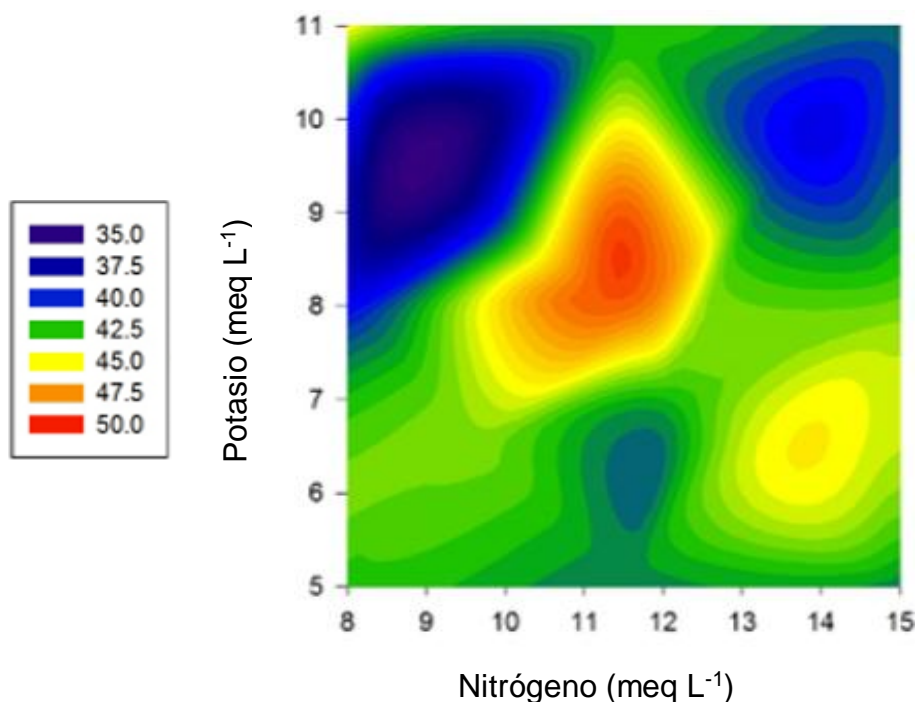


Figura 1. Superficie de respuesta indicando el peso fresco total (g) en la producción de flores de rosas (*Rosa sp.*) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva.

Peso fresco de tallo.

En la Figura 2 se puede apreciar la distribución de los tratamientos. En donde el tratamiento 3 cuenta con una concentración de 11.5 meqL^{-1} de N y 8 meqL^{-1} de K el cual resultó con un mayor peso fresco de tallo por planta, este fue de 16.5 g, lo cual se representa por el área de color anaranjado. Seguido del tratamiento 8, que tiene una concentración de 13 meqL^{-1} de N y 6.5 meqL^{-1} de K, el cual cuenta con un rendimiento de 15 g de peso fresco de tallo por planta y se encuentra representado por el área de color amarillo, mientras que el peso fresco medio del tallo, se encontró en el tratamiento 5, el cual tiene una concentración de 15 meqL^{-1} de N y 11 meqL^{-1} de K con un peso de 13.5 g por planta, representado por el color verde mientras que los peso fresco de tallo mínimo se encontró a una concentración de 9 meqL^{-1} de N y 9.8 meqL^{-1} de K con un peso de 9.0 g por planta en el tratamiento 14 representado por el color morado.

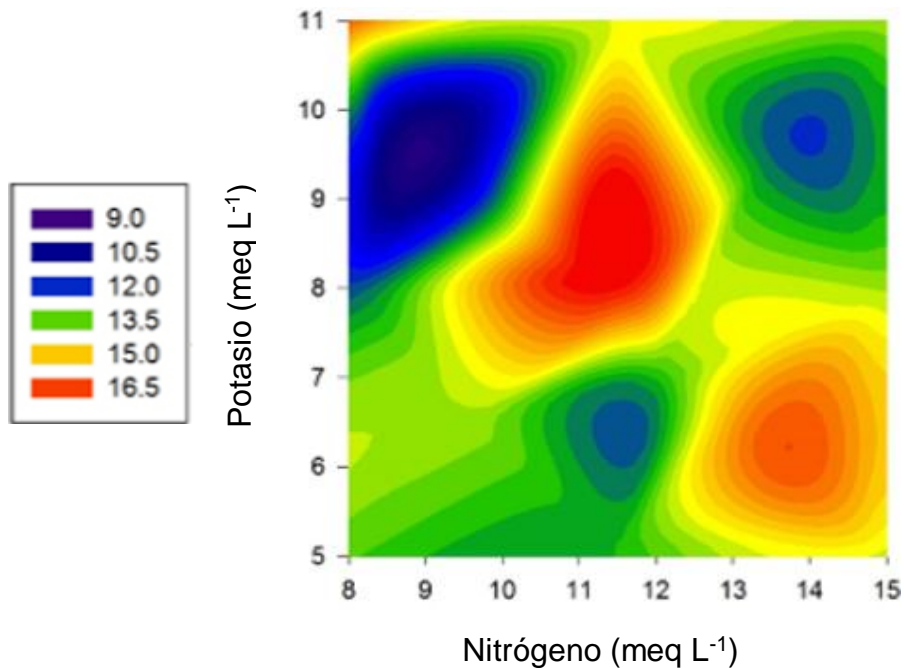


Figura 2. Superficie de respuesta indicando el peso fresco de tallo (g) de flores de rosas (*Rosa sp.*) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva.

Peso fresco de hoja

En la Figura 3 observamos que el tratamiento 3 cuenta con una concentración de 11.5 meq de N y 8 meq de K, debido a esto resulto con un mayor peso fresco de hoja por planta el cual es de 15 g, este se representa por el área de color anaranjado rojizo. Seguido del tratamiento 9 con una concentración de 11.5 meq de N y 11 meq de K con un rendimiento de 14 g de peso fresco de hoja por planta el cual está representado por el área de color anaranjado mientras que el rendimiento medio lo encontramos en el tratamiento 6 que tiene una concentración

de 15 meq de N y 5 meq de K, con un rendimiento de 14 g de peso fresco de hoja por planta el cual se encuentra representado por el color verde mientras que los mínimos se encontraron a una concentración de 9 meq de N y 9.8 meq de K, con un peso total de 10 g de peso fresco de hoja por planta en el tratamiento 14 compuesto por el color morado.

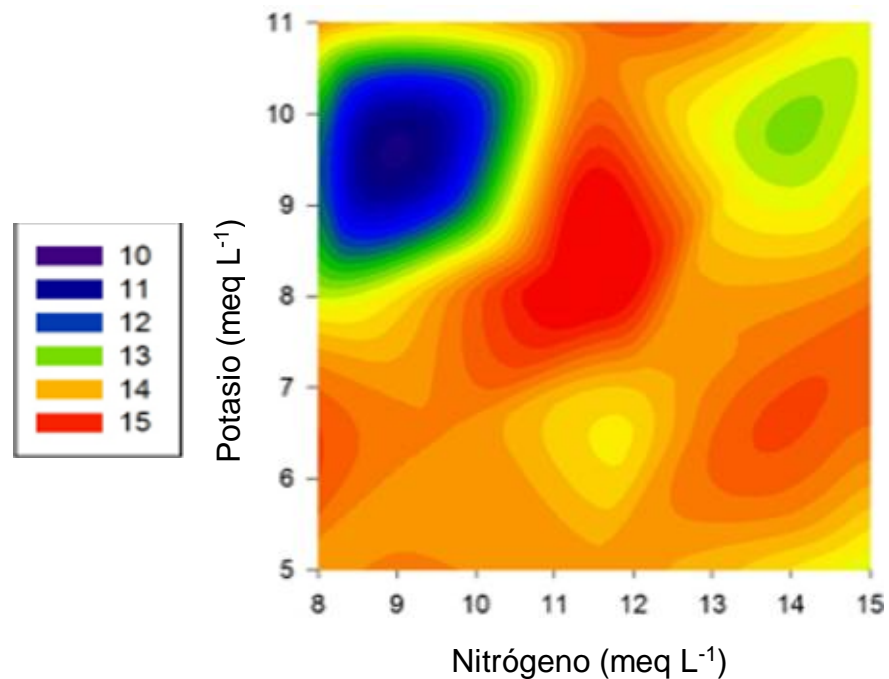


Figura 3. Superficie de respuesta indicando el peso fresco de hoja (g) en la producción de flores de rosas (*Rosa* sp.) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva

Rendimiento

En el Cuadro 3 se muestra que en las plantas nutridas con la solución conteniendo 15 y 5 meqL⁻¹ de N y K, respectivamente, así como aquellas nutridas con la solución conteniendo 8 y 7.9 meqL⁻¹ de los mismos elementos, resultaron con el mayor número de paquetes cosechados por hectárea. Lo anterior se manifiesta en la superficie de respuesta de la **Figura 4**, en la que es notorio que las áreas de mayor producción de flores, representadas por el color rojo, se encuentran cuando las plantas se nutrieron con soluciones de alto N y bajo K, o bien, con bajo N y bajo K. Con las soluciones nutritivas ya mencionadas se logró superar significativamente la producción de flores obtenida por el tratamiento testigo, correspondiente a la solución de Steiner, con 12 y 7 meqL⁻¹ de N y K, respectivamente, así como al rendimiento obtenido en plantas nutridas con N y K a 11.5 y 11 meqL⁻¹. Los bajos rendimientos de flores se manifiestan de color azul en la Figura 4, observándose que estos se presentan a cualquier nivel de K combinado con niveles de 9 a 13 meqL⁻¹ de N.

Cuadro 3. Efecto de la relación de Nitrógeno y Potasio obtenidas mediante diferentes concentraciones de nutrientes en el rendimiento en flor cortada de plantas de rosa (Rosa sp).

| Tratamiento | N | K | Rendimiento |
|--------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| | meqL ⁻¹ | meqL ⁻¹ | Paquetes ha ⁻¹ |
| 1 | 11.5 | 5 | 16100 ab |
| 2 | 8 | 11 | 13300 abc |
| 3 | 11.5 | 8 | 12124 abc |
| 5 | 15 | 11 | 14700 abc |
| 6 | 15 | 5 | 17500 a |
| 7 | 8 | 7.9 | 17500 a |
| 8 | 13 | 6.5 | 15400 abc |
| 9 | 11.5 | 11 | 9100 c |
| 10 = Steiner | 12 | 7 | 10500b c |
| 11 | 15 | 8 | 16800 ab |
| 12 | 9.5 | 6.5 | 11368 abc |
| 13 | 13.5 | 9.5 | 13468 abc |
| 14 | 9 | 9.8 | 13300 abc |

* = Promedios seguidos de la misma letra son no diferentes significativamente de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

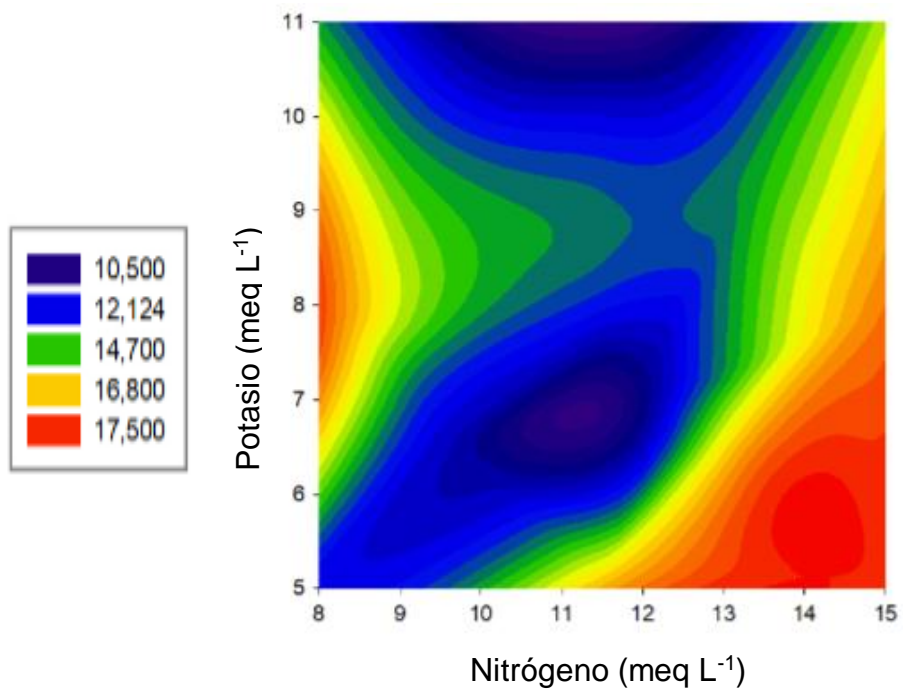


Figura 4. Superficie de respuesta indicando el rendimiento (paquetes ha⁻¹) en la producción de flores de rosas (*Rosa* sp.) en función de la concentración de Nitrógeno y Potasio en la solución nutritiva.

V. DISCUSIÓN

Actualmente la agricultura cuenta con un problema importante, la aplicación excesiva de fertilizantes lo que causa una contaminación tanto de suelos, mantos freáticos y aguas subterráneas (Yu-kui et al., 2009; Ju et al., 2004 y Thorburn et al., 2003). Como ya sabemos y está documentado el N ayuda a intensificar el color del follaje, así como el desarrollo de la planta ya que es parte fundamental de aminoácidos y proteínas, así como favorece la absorción de otros nutrimentos como el K (Sedano-Castro et al., 2011). El rol del K se desenvuelve en los procesos como la síntesis de proteínas, enzimas, translocación nutrimental, así como de fotosintatos (Pardo et al., 2006). Los nutrimentos mayormente demandados por las plantas: N y K son de suma importancia para el desarrollo favorable de éstas. Conocer las concentraciones necesarias de éstos nutrimentos es de suma importancia y su aplicación en sistemas hidropónicos cerrados generando un uso más eficiente de agua y fertilizantes, así como la disminución de agotamiento en suelos agrícolas y rendimientos (Zhang et al., 2010). Diversos autores como Zou et al (2006), Guo et al (2004) y Zhang et al (2010) mencionan que la aplicación de N influye en la absorción de K es decir; el balance de éstos nutrimentos es significativa para generar altos rendimientos como en trigo (*Triticum aestivum* L.) y repollo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) lo que se puede observar también en el presente estudio en donde se encontró un balance adecuado de N/K para la flor de corte para rosa (*Rosa sp.*) y con ello el incremento en rendimiento.

En éste estudio el tratamiento 6 con un balance de 15 y 5 meqL de N y K respectivamente arrojó el mayor rendimiento con un balance de K del 33% menor respecto al de N por tanto a la obtención de la flor de corte hubo una disminución de casi el 70% de K lo que se observó en un estudio de Silberbush y Lieth (2004) en donde a la cosecha de flores disminuyó la acumulación de K al 70%. Sin embargo, en éste estudio al igual que el tratamiento 6, el 7 tuvo los mismos rendimientos con un balance de N y K similar mientras el control tuvo un rendimiento mucho más bajo que los anteriores.

Algunos autores mencionan que , el aumento de biomasa se debe al incremento de la aplicación de N como en el caso del girasol (Escalante, 1992) mientras que en el presente estudio, no necesariamente el aumento de biomasa total obedece ésta regla pues el tratamiento 7 con 8 meqL de N, obtuvo el mismo rendimiento que el tratamiento 6 con 15 meqL de N sin embargo los 3 tratamientos que obtuvieron mayores rendimientos después del 6 y 7 es decir el tratamiento 11, 1, 8 sí obedecen a ésta sugerencia de Escalante (1992) pues, cuentan con niveles altos de N entre 11.5 a 15 meqL mientras el tratamiento control cuenta con 12 meqL de N y generó un rendimiento mucho menor a los que fueron los más altos. Por otro lado, Vega (1999) menciona que la mayor acumulación de biomasa ocurre en el tallo, así como en el presente estudio lo que indica un aumento en la densidad y estructura de la planta incrementando así rendimientos por cosecha. La acumulación de biomasa total en éste estudio se presentó a una relación de N/K de 1.4, superando al control con un balance de 1.7 pero a diferentes concentraciones de N y K. De tal manera que el tratamiento control contiene 4 gramos menos de biomasa que el tratamiento 3, estos resultados contrastan con

los presentados en *lisianthus (Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinn) cv.* en donde a un balance de N/K de 2.14 la acumulación de biomasa es mayor (Campos-Balon,2015).

Concentraciones de 9 y 4.2 meq L⁻¹ de N/K respectivamente arrojan una relación de 2/1 lo cual generó una elevada acumulación de biomasa para el caso de *lisianthus (Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinn) cv.* (Campos-Balon, 2015) mientras que en éste estudio, la mayor acumulación de biomasa se presentó en balances de 1.4 a 1 lo que contrasta con el comportamiento de *lisianthus* (Campos-Balon, 2015) y con lo mencionado por algunos autores quienes mencionan que el rendimiento está plenamente relacionado con la acumulación de biomasa para así garantizar altos rendimientos (Peil y Galvez, 2005), ya que los altos rendimientos en éste estudio se presentaron a una relación desde 1 a 3 pero a diferentes concentraciones de N y K.

En éste estudio podemos observar que en cuanto a los balances N/K se comportan distinto a otras ornamentales debido a que una concentración alta de N en comparación con la de K en el tratamiento 6 genera los mismos rendimientos que el tratamiento 7 con una concentración 1:1 de N y K respectivamente con hasta 7 unidades menos de N que el tratamiento 6 y 3 unidades más de K que ése mismo tratamiento, sin embargo; éstos tratamientos no arrojan la mayor acumulación de biomasa. Mientras tanto el tratamiento control con 12 y 7 meq/L de N/K, cuenta con 3 unidades menos y 2 unidades más de N y K respectivamente está por debajo de los tratamientos 6 y 7 en cuanto la obtención de mayor rendimiento.

VI. CONCLUSIONES

La mayor biomasa fresca total acumulada se obtuvo a concentraciones de 11.5 /8 meqL⁻¹ de N/K respectivamente mientras que el tratamiento control obtuvo 5 gramos menos de biomasa total fresca de tallo en contraste con este tratamiento. Mientras tanto los mayores rendimientos se obtuvieron en el tratamiento 6 y 7 con 15/5 meqL⁻¹ y 8/7 meqL⁻¹ de N/K respectivamente obteniendo 17,500 paquetes/ha.

De acuerdo a lo observado en el presente estudio se recomienda el tratamiento con 8 meqL⁻¹ y 7.9 meqL⁻¹ de N/K respectivamente ya que arrojan rendimientos elevados guardando una relación N/K de 1 de tal manera que a bajas concentraciones tanto de N y K en un sistema hidropónico cerrado se puede realizar un mayor uso de agua y fertilizante obteniendo altos rendimientos.

VII. LITERATURA CITADA

Adams, P. (2004). Aspectos de nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. Pp. 81 – 112. En: Tratado de cultivo sin suelo 3er ed. Urrestarazu, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España.

Alcántar, G.G. y Trejo-Téllez, L. I. (2009). Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados. Ediciones Mundi Prensa. p. 454.

Alvarado-Camarillo, D., Valdez-Aguilar, L.A., Castillo-González, A.M., Trejo-Téllez, L.L., Martínez-Amador, S. Y. (2018). Biomass, nitrogen and potassium dynamics in hydroponic rose production. *Acta Agriculturae, Scandinavica section B. plant soil science*. 68:719-726. DOI:10.1080/09064710.2018.1473481. Q3

Álvarez, M. (1980). Agrotecnia de los rosales. En: Floricultura. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. pp. 505-545.

Álvarez, M. (2005). Rosas, Buenos Aires, Albatros. Al-Khalifah, N.S., S. Hadi y F. Khan (2005), "Influence of sucrose concentration on in vitro growth of five Rose (*Rosa hybrida* L.) cultivars", *Plant Tissue Cult* 15(1), pp. 43-49.

Anónimo. (1998). Effects of potassium on plant diseases. In: *Better crops*. 82 (3): pp. 37-39.

Azcón, B.J. y Talón, M. (2008). Asimilación del nitrógeno y del azufre. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Segunda edición. Madrid. pp. 287-293.

Baixauli, S., C. A. y Aguilar, O. J. M. (2002). Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Generalitata Valencia. España. p. 110.

Banssou, M. (2001). El comercio internacional de la flor cortada. La Revista Profesional de Flor España, vol. 29, no. 8, p. 93-97.

Bañon, A. S., Cifuentes, R. D., Fernández, H. J. A. y Benavente-García, A. G. (1993). Gerbera, Liliium, Tulipán y Rosa. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 250.

Barrera-Aguilar. (2013). Potassium nutrition in Liliium: Critical concentrations, photosynthesis, water potential, leaf anatomy, and nutrient status. HortScience, 48 (12): pp. 1537-1542.

Bidwell, L. (1993). Fisiología vegetal. 1era edición en español. Editorial AGT Editor S. A. Ciudad de México, México. p. 785.

Caballero, M. (1997). Cultivo sin suelo de rosas de invernadero para flor cortada. Fundamentos de aplicación al cultivo hidropónico. En: Hidroponía. Una esperanza para Latinoamérica. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Lima. p. 219-231.

Campos-Balon, C. I. (2015) Respuesta de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue a la relación NO_3^-/K^+ en diferentes concentraciones. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.

Canavas, M. F. (1999). Sistemas hidropónicos, pp. 223-244. In: Cultivo sin suelo 2.

Curso de especialización superior, Fernández, F. M., Cuadrado G, I. M. (eds.).
Caja Rural de Almería. Andalucía, España.

Devlin, M.R. (1982). El metabolismo del nitrógeno. Fisiología vegetal. University of
Massachusetts. Barcelona. Pp. 319-323.

Dhakai, U., Tantan, H. J. y Salokhe, M. V. (2005). Development of a Greenhouse
nutrient recycling system for tomato production in humid tropics. Agricultural and
Engineering International 7: pp. 1-15.

Escalante, E., J. A. (1995). Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de
secano. pp. 28-32. In: Agroproductividad. Colegio de Postgraduados. Montecillo,
Méx.

Fageria, V. D. (2001). Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition
24 (8): pp. 1269-1290.

Favela, C. E., Preciado, R. P. y Benavides, M. A. (2006). Manual para la
preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio
Narro. Saltillo, México. Pp. 146.

Ferrer, M.F. y Salvador, P.P.J. (1986). Nutrición. La producción de rosas en cultivo
protegido. Universal Plantas, S.A. Sevilla, España. Pp. 167-178.

García, G. E., Leal, P. M. y González, J. E. (2007). Evaluación de dos sistemas

hidropónicos (abierto y cerrado) con relación al uso de solución hidropónica reciclada y producción de jitomate de exportación. *Revista Tecnológica* 1(2): p. 54-66.

Gomora-Jimenez, J. A., Sánchez-Meza, J. C., Pacheco-Salazar, V. F., Pavón-Silva, T. B., Adame-Martínez, S. y Barrientos becerra, B. (2006) Integración de Indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola. En: fundación PRODUCW ICAMEX a través del proyecto folio: 15-2005-2676; clave UAEM: 2187/2005E. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química e Instituto Tecnológico De Toluca, Metepec, Estado De México. P. 10.

Guo, X.S., Zhu, H.B., Wang, W.J., Ye, S.Y., Wu, J. y Wu, L.S. (2004). Effect of different rates of nitrogen and potash on yield and quality of cabbage. China. *Plant Nutrition and Fertility Science*. 10: pp. 161–166.

Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S. y White, P. (2012). Functions of Macronutrients. Pp. 135–189. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants 3rd Ed. MARSCHNER, P. (Ed.). Elsevier. United States of America.

Hessayón, D. (1994). Rosas. Manual de cultivo y conservación. Editorial BLUME. Barcelona. P. 126.

Huber, D. M. y Arny, D. C. (1985). Interactions of potassium with plant disease. P. 467. In: Potassium in Agriculture.

Jan, M. T., Khan, M. J., Khan, A., Arif, M., Farhatullah, Jan, D., Saeed, M. y Afridi, M.Z. (2011). Improving wheat productivity through source and timing of nitrogen fertilization. *Pak. J. Bot.* 43 (2): pp. 905-914

Ju, X., Liu, X., Zhang, F. y Roelcke, M. (2004). Nitrogen fertilization, soil nitrate accumulation, and policy recommendations in several agricultural regions of China. Sweden. *AMBIO: a Journal of the Human Environment.* 33: pp. 300–305.

Larson, A. R. (1987). *Introducción a la floricultura.* A.G.T. Editor S.A. primera edición en español, México, D.F, p. 75.

Lazcano-Ferrat, I. (1996). El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. Instituto de la potasa y el fósforo. *Informaciones agronómicas* 1 (6): pp. 1-16.

Pardo, J.M., Cubero, B., Leidi, E.O. y Quintero, F.J. (2006). Alkali cation exchangers: roles in cellular homeostasis and stress tolerance. United Kingdom. *Journal of Experimental Botany.* 57: pp. 1181-1199.

Peil, R. M., y Galvez, J. L. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista brasileira de agrociencia* 11 (1): p. 5-11.

Premuzic, Z., Palmucci, H. E. y Nakama, M. (2007). Chlorination: Phytotoxicity and effects on the production and quality of *Lactuca sativa* var. Mantecosa grown in a closed, soil-less system. *Phyton* 76: pp. 103-107.

- Quesada-Roldan, y Bertsch-Hernández, F. (2013). Obtaining of the absorption curve for the FB-17 tomato hybrid. México. Terra Latinoamericana. 31: p. 1-7.
- Recuerda, J. C. El rosal: su cultivo. Agrícola Vergel, 1991, vol. 10, no. 109, p. 49-50. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3: pp. 1011-1022.
- Resh, M. H. (1992). Cultivos Hidropónicos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 95 -178.
- Rodríguez, D. A., Hoyos R. M. y Chang L. R. M. (2001). Soluciones nutritivas en hidroponía, formulación y preparación. Universidad La Molina. Lima. Pp. 99.
- Sánchez, P. A. (2004). Análisis y diagnóstico nutricional en cultivos sin suelo. Pp. 49–79. En: Tratado de cultivo sin suelo 3er ed. Urrestarazu, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Sedano-Castro, G., González-Hernández, V. A., Saucedo-Veloz, C., Soto Hernández, M., Sandoval-Villa, M. y Carrillo-Salazar, J. A. (2011). Rendimiento y calidad de frutos de calabacita con altas dosis de N y K. Terra Latinoamericana, 29 (2), pp. 133-142.
- Silberbush, M. y Lieth, J. H. (2004). Nitrate and potassium uptake by greenhouse roses (*Rosa hybrida*) along successive flower-cut cycles: a model and its calibration. The Netherlands. Scientia Horticulturae. 101: pp. 127–141.
- Sooneveld, C. y Voogt, W. (2009). Plant Nutrition of greenhouse crops. Springer. USA. P. 423.

Thorburn, P. J., Biggs, J. S., Weier, K. L. y Keating, B. A. (2003). Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. The Netherlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 94: pp. 49–58.

Urrestarazu, G. M. (2004). Bases y sistemas de los cultivos sin suelo, pp. 347. In: *Tratado de cultivo sin suelo*. 2ª Ed. URRESTARAZU, G, M. (ed.). Mundi Prensa S. A. Madrid, España.

Vega, R. M. (1999). Crecimiento y rendimiento de girasol (*Helianthus annuus* L.) en función del nitrógeno, densidad de población y época de aclareo. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.

Vidalie, H. (1992). La producción de flor cortada. En: *Producción de Flores y Plantas Ornamentales*. Madrid. Editorial Mundi-Prensa., pp. 167-178.

Weyler y Kusery, E. W. (2001). Propagation of roses from cuttings. *Hort. Science*, vol. 15, no. 1, pp. 85-86.

White, P. J. (2012). Ion Uptake Mechanisms of Individual Cells and Roots: Short distance Transport. Pp. 7 – 47. In: *Marschner's mineral nutrition of higher plants 3rd Ed.* Marschner, P. (Ed.). Elsevier. United States of America.

Yu-kui, R., Shi-ling, J., Fu-suo, Z. y Jian-bo, S. (2009). Effects of nitrogen fertilizer input on the composition of mineral elements in corn grain. México. *Agrociencia*, 43: pp. 21–27.

Zhang, F., Niu, J., Zhang, W., Chen, X., Li, C., Yuan, L. y Xie, J. (2010). Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. The Netherlands. *Plant and Soil*. 335: pp. 21–34.

Zou, T. X., Dai, T. B., Jiang, D., Jing, Q. y Cao, W. X. (2006). Effects of nitrogen and potassium supply on grain yield and quality in weak gluten wheat. The Netherlands. *Journal of Triticeae Crops*. 26: pp. 86–90.

Páginas electrónicas consultadas

Espinosa, P. (2013). Evaluación del efecto de dos bioestimulantes en el cultivo de la rosa (*Rosas sp.*) variedades Charlotte y Konffeti. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener al título de Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. disponible en:

URL:<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1009/1/T-UCE0004-13.pdf>

[consulta 30 de noviembre del 2016]

Martínez, A. (2009). Cultivo de rosas (*Rosas sp.*), fecha de consulta 03/05/18

Disponible en:<http://mail.sdr.gob.mx/cadenas/guias/guiasPDF/cultivo%20de%20rosas.pdf>.

Massa, D., Mattson, N. S., y Lieth, H. (2008). An empirical model to simulate Sodium absorption in roses growing in a hydroponic system. *Scientia horticulturae* 118: 228-

235.<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.667.2489&rep=rep&type=pdf>

Patrones de Rosas consultado en (2017) página:

<https://www.clubensayos.com/Ciencia/Patrones-De-Rosas/1141613.html>

Rosas de corte consultado en (2018) página: <https://www.rosen-tantau.com/en/cut-roses/indoor/e-u-r-o-p-e/freedom>

SIAP. (2018). a Avance al mes de febrero: a un mes de finalizar el año agrícola

2017. Disponible en. <https://www.gob.mx/siap/articulos/avance-al-mes-de-febrero-a-un-mes-de-finalizar-el-ano-agricola-2017?idioma=es>

SIAP. (2018) garantiza SAGARPA abasto de rosas para este 14 de febrero

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sonora/boletines/Paginas/2018B0011.aspx>

SIAP. (2018). c resumen nacional intención de cosecha 2018 disponible

en:http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intencion_cosechaPerenne_cultivo2018.pdf