

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Determinación Rápida *in situ* del Contenido de Nutrientes en

Savia de Rosal cv “Freedom”

Por:

GUSTAVO PALESTINO ARELLANO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Determinación Rápida *in situ* del Contenido de Nutrientes en
Savia de Rosal cv "Freedom"

Por:

GUSTAVO PALESTINO ARELLANO

TESIS

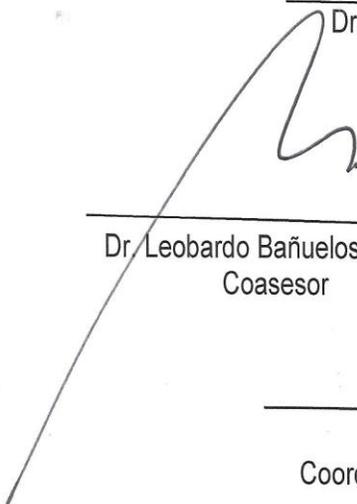
Presentada como requisito principal para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coasesor



MC. Alfonso Rojas Duarte
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Te agradezco Dios, porque día con día me das los aminos y las fuerzas para continuar con este sueño, el cual no ha sido fácil cumplir, pero sé que estoy a un paso de cumplirlo y que no hubiera sido posible cumplirlo sin la fuerza, esperanza, sabiduría, paciencia e inteligencia que me brindó y sobre todo porque me bendijiste cada día que estuve lejos de casa y a cada uno de sus habitantes.

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

Por haberme acogido y darme la gran oportunidad de formarme profesionalmente y las grandes enseñanzas y ejemplos de mis Maestros, y haber obtenido la más agradable experiencia de mi vida, de ti me llevo los mejores recuerdos, conocimientos, valores y de la cual estoy orgulloso de haber formado parte de ti.

Al Dr. José Antonio González Fuentes

Le agradezco toda la confianza brindada y mucho más por todo el conocimiento que me brindó durante estos años de conocerlo y por el apoyo y consejos que recibí, no solo para la realización de este trabajo sino también en mi formación personal y académica, también por la amistad que él me ha brindado, por esto y más, muchas gracias

A mis Asesores de Tesis.

Agradezco al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera, al MC. Alfonso Rojas Duarte y a las Laboratoristas T. A. Martina de la Cruz Casillas y T. L. Q. María Guadalupe Pérez Ovalle por todo el apoyo y tiempo que me brindaron para la realización de este trabajo.

Al MC. David Martínez Rivera

Le agradezco toda la confianza brindada y apoyo durante mi formación profesional, compartiéndome sus experiencias y consejos.

Al Ing. Ángel Manuel Burciaga Vera †

Agradezco que fue una de las primeras personas en apoyarme y darme consejos en el comienzo de mi formación profesional.

Correo electronico; Gustavo Palestino Arellano, palestino0506@gmail.com

DEDICATORIA

A MIS PADRES

José Tomas Palestino Villada
María Félix Arellano Olivos

Por regalarme la vida, por todos sus esfuerzos, su apoyo y la confianza que han depositaron en mí y por haberme guiado durante todo este tiempo.

A MIS HERMANOS

Susana Palestino Arellano
Aquileo Darwin Palestino Arellano
Tomas Aristeo Palestino Arellano

Por ser los mejores hermanos, por las experiencias que hemos vivido, las enseñanzas de vida que hemos aprendido juntos y por ser mi ejemplo a seguir. “Lo unido permanece”

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

A todos mis amigos, a Benjamín López, Said López, Iván Rubicel Bautista, Omar Cordero, Abraham Cordero, Antonio de Jesús Roblero, y en especial a mi novia Yeira Barranco les agradezco todos los momentos que pasamos juntos, por su apoyos y comprensión en todo momento, por los ánimos que siempre me dieron y que estuvieron siempre a mi lado en las buenas y en las malas, gracias a ustedes también fue posible este logro, por su gran amistad y por compartir tristezas y alegrías dentro y fuera de la UAAAN. Jamás lo olvidaré.

RESUMEN

El rosal se considera un cultivo de gran importancia mundial, en Europa se cultivan 3200 Has aproximadamente y en México 2000 Has aproximadamente. Uno de los problemas existentes en México para comercializar las rosas es la calidad de la flor cortada, siendo uno de ellos la nutrición mineral deficiente, debido a esto los productores utilizan grandes cantidades de fertilizantes (hasta 5000 kg.ha. Año⁻¹) provocado problemas en el suelo y medio ambiente. Una alternativa para la solución de este problema en el rosal, es determinar in situ del contenido de nutrientes en savia del rosal en las distintas etapas fenológicas del cultivo y poder así realizar recomendaciones de fertilización, y de esta forma podremos establecer una correcta dosificación de los nutrientes, evitando excesos en momentos en los que hay menor absorción y ajustando los aportes. En este estudio se aplicaron 4 diferentes concentraciones de N-NO₃⁻ T1 42 mg·L⁻¹, T2 126 mg·L⁻¹, T3 213 mg·L⁻¹, T4 300 mg·L⁻¹ y de K⁺ T1 4.3 mg·L⁻¹, T2 181.42 mg·L⁻¹, T3 240 mg·L⁻¹, T4 300 mg·L⁻¹ en solución nutritiva. Para la mediciones del contenido de nutrientes en savia se utilizó el tallo floral del rosal en cada estadio, mediante el siguiente procedimiento: se monitoreo la temperatura de la planta a 20 a 25 °C en hojas del tallo floral (1), se continuo cortando dos tallos florales por cada repetición de cada tratamiento y se deshojo el tallo (2), después medimos 10 cm del ápice del botón y se tomó el trozo de los 10 a 20 cm del tallo y se dividió(3); se trituraron los trozos con el motivo de hacer más fácil la extracción de savia(4), se colocaron los trozos triturados dentro de una jeringa y se extrajo la savia (5), por último se colocó la savia en los ionómetros de Horiba para su análisis. Los resultados mostraron que las concentraciones de nitrógeno que permitieron un

mayor concentración de nitrato en savia fueron 126 y 213 mg·L⁻¹ de N-NO₃⁻ en la solución nutritiva, sin embargo en potasio, la concentración en solución nutritiva más baja alcanzó niveles de concentración en savia similares a los que se obtuvieron con la concentración más alta de K⁺ en solución nutritiva; con este estudio se observó que las plantas de rosal pueden almacenar K⁺ para los ciclos posteriores. Por lo que se sigue que la aplicación K⁺ y N en grandes cantidades, como lo hacen los productores, para obtener buena producción de tallos florales de rosal. Por lo anterior se considera que con el uso de inómetros Horiba permite la toma de decisiones para una buena productividad y calidad en tallos florales de rosa de la variedad "Freedom" tomando en cuenta los niveles de savia in situ para el manejo de la nutrición mineral.

PALABRAS CLAVE: savia, nitrato, potasio, rosa, concentraciones, xilema floema, solución nutritiva.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	I
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
La savia y la absorción del agua	4
Ósmosis	5
Presión Osmótica	6
Presión de turgencia.....	6
Potencial Químico.....	7
Absorción de los Nutrientes.	8
Transporte y distribución de los nutrientes.	9

MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Localización del sitio experimental _____	13
Descripción del Área Experimental _____	13
Material utilizado _____	13
Material vegetal _____	14
Diseño experimental _____	14
Manejo del cultivo _____	16
Medición de las variables _____	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Concentración en ppm de NO_3^- en savia _____	27
Concentración en ppm de K^+ en savia _____	35
Diámetro de tallo (mm) _____	39
Longitud de botón (mm) _____	40
CONCLUSIÓN	41
LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Preparación de sustrato como medio de crecimiento para las plantas de rosal var “Freedom”	16
Figura 2.	Planta de rosalvar “Freedom” a raíz desnuda procedentes del estado de Puebla.....	17
Figura 3.	Tutoreo en rosal var “Freedom” a 60, 90 y 120 cm de altura.....	18
Figura 4.	Poda a 60 cm de altura realizada después de 6 meses de formación de planta.....	19
Figura 5.	Monitoreo de temperatura de la hoja antes de cada muestreo con el medidor de temperatura.....	22
Figura 6.	Medición de tallo para su posterior extracción de savia.....	22
Figura 7.	Troceo de tallo para el análisis de savia.....	22
Figura 8.	Trituración de tallo para su fácil extracción de savia.....	23
Figura 9.	Colocar la muestra en jeringa para obtener la savia del tallo.....	23
Figura 10.	Colocación de savia en ionómetros para la medición de concentración de nutrientes.....	24

Figura 11.	Concentración de NO_3^- en savia en tallo de rosal por estadio.....	30
Figura 12.	Cinética de Michaelis-Menten de nitrógeno (N) en plantas (a) y microorganismos (b).	31
Figura 13.	Concentración de NO_3^- en savia en tallo de rosal por estadio	34
Figura 14.	Concentración de K^+ en savia en tallo de rosal por estadio.....	37
Figura 15.	Concentración de K^+ en savia en tallo de rosal por estadio.....	37
Figura 16.	Longitud de tallo floral de rosal.....	38
Figura 17.	Diámetro de tallo floral de rosal	39
Figura 18	Longitud de botón floral de rosa.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Distribución de tratamientos en plantas de rosal var “Freedom” de 1 año de edad, con 2 tallos basales.....	15
Cuadro 2.	Solución nutritiva completa aplicada en el fertirriego a las plantas de rosal var “Freedom”.....	15
Cuadro 3.	Descripción de tratamientos aplicados en las plantas de rosal var “Freedom” para su posterior evaluación.....	16
Cuadro 4.	Fecha de aplicación de los diferentes de tratamientos en rosal var “Freedom”	20
Cuadro 5.	Fecha de muestreo para la evolución de concentración de nutrientes en savia	24
Cuadro 6.	Estadios del rosal var. “Freedom”.....	25

INTRODUCCIÓN

La rosa se considera originaria de China y se habla de ella desde hace más de 4000 años. Los principales países productores de rosas bajo el sistema de invernaderos son: Italia ocupa 1,000 ha de invernaderos, 920 ha en Holanda, 540 ha en Francia, 250 ha en España, 220 ha en Israel y 200 ha en Alemania. En los últimos años, los países Sudamericanos han incrementado cerca de 1,000 ha su producción destacando, México, Colombia y Ecuador. (Gómez 2014). Los ornamentos tienen gran importancia en el sector agrícola mexicano, debido al alto valor de la enorme variedad de flores de corte, follaje, plantas y árboles que son comercializados a nivel nacional e internacional. De acuerdo con estadísticas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) anualmente los floricultores mexicanos producen alrededor de siete millones de gruesas de rosas (cada gruesa equivale a 12 docenas o 144 unidades), que son comercializadas durante todo el año, principalmente en fechas especiales como el 14 de febrero. La rosa es la flor que más se consume en el país, seguida de la gerbera, anturio, lillium, tulipán, crisantemo, gladiola, clavel y los follajes de corte. La mayoría de los productores se encuentran en los estados de México, Puebla, Morelos y Veracruz, así como el Distrito Federal, quienes concentran alrededor del 70 por ciento de los floricultores y las unidades de producción. En el país, 26 entidades participan en la producción ornamental, las principales son: Estado de México 53% de total nacional, Distrito Federal 17%; Jalisco y Morelos 8%, y Puebla 6%. En México, uno de los problemas existentes para comercializar las rosas es la calidad de la flor cortada, la cual se determina por el tamaño del tallo; la forma, tamaño y color del botón y número de hojas, además de la duración de la vida en florero. Uno de los factores en la mala calidad de la rosa, es la nutrición, debido a esto los productores utilizan grandes cantidades de

fertilizantes (5000 kg.ha. Año⁻¹) provocando problemas en el suelo como salinización; contaminación de mantos freáticos; además de los altos costos que estos presentan. Para evaluar el estado nutricional del rosal (*Rosa* spp) tradicionalmente se usa el análisis foliar muestreando las 2da hoja pentafoliada superior 1 a 2 días antes de la cosecha del tallo floral. Estos muestreos a pesar de ser precisos han mostrado inconsistencias y variaciones en la concentración de nutrientes según la variedad, clima, época del año y momento de muestreo. Así mismo no se tienen estándares para las diferentes variedades disponibles en el mercado, para los nuevos porta injertos y para las diferentes localidades donde se cultivan los rosales (Gil and Pszczolkowski, 2007). Otro inconveniente del análisis foliar es el tiempo para preparación de muestra, envío y obtención de resultados que puede ser de 15 hasta 20 días (Alcantare *et al.* 2002). El estudio de la nutrición del rosal requiere un conocimiento profundo de los diferentes periodos fenológicos que tiene durante el cultivo, ya que los requerimientos de nutrientes varían en función de ellos. De esta forma podremos establecer una correcta dosificación de los nutrientes, evitando excesos en momentos en los que hay menor absorción y ajustando los aportes para conseguir el ya mencionado abonado “a la carta” de este cultivo” (Cadahía, 2005). Una alternativa para la solución de este problema, es determinar in situ del contenido de nutrientes en savia del rosal en las distintas etapas fenológicas del cultivo y poder así realizar recomendaciones de fertilización. El análisis de savia como complemento usando equipos portátiles de iones específicos Cardy (Horiba Instruments) puede ser sumamente útil para evaluar y determinar el contenido de nutrientes en las plantas (Moreno *et al.* 2003) en el mismo lugar de producción y el mismo día de la toma de muestra, con el cual el diagnóstico nutricional puede ser realizado de forma muy precisa los niveles normales, deficientes o en exceso de nutrientes en la planta y su efecto en la productividad (Cadahia ,2005) obteniendo un mayor eficiencia en el manejo de los fertilizantes usados sin contaminar el medioambiente.

Por lo anterior se plantea lo siguiente:

Objetivos

Determinar in situ el efecto de las concentraciones de nutrientes en el medio de crecimiento sobre la concentración de nutrientes en savia en tallo floral, para la toma de decisiones y posible ajuste de la nutrición mineral en el ciclo del cultivo.

Hipótesis

Al menos una de las concentraciones de nutrientes en la solución nutritiva modificará la concentración de los mismos en savia el tallo floral.

La determinación in situ será útil para tomar decisiones de forma inmediata sobre el manejo de la nutrición minera en el rosal.

REVISIÓN DE LITERATURA

La savia y la absorción del agua

La savia corresponde a los jugos extraídos de los tejidos conductores de la planta Xilema y Floema, su análisis nos informa sobre el nivel de nutrición de la planta en el momento de muestreo (Burgueño *et al.* 1999) y del efecto inmediato que el suelo, agua y fertilizantes están teniendo sobre la salud nutricional de la planta. Además es un indicador de la salinidad del sustrato y las reservas del cultivo (Cadahia, 2005). Así, el contenido nutrimental de la savia se considera como una respuesta de la planta a la disponibilidad de nutrientes en el suelo y/o sustrato en relación a contenido de humedad en el entorno radical ya que de esta depende la absorción por la planta. Una correcta interpretación del análisis de savia es esencial para la posible mejora del cultivo con una adecuada recomendación de fertilización exclusivamente para un cultivar, tipo de suelo, agua de riego y condiciones climáticas. El análisis de savia es muy sensible en el diagnóstico de deficiencias y excesos en la nutrición de diferentes especies hortícolas (Hidalgo *et al.* 2006), el cual ha mostrado mayor amplitud que el análisis foliar en la concentración de nutrientes (Villanueva *et al.* 2002), además que es un técnica relativamente menos costosa y sumamente rápida en relación a un análisis convencional (Mackown y Weick, 2004).

El agua entra en la mayoría de las plantas por las raíces, especialmente por los pelos radicales, situados unos milímetros por encima de la cofia o caliptra. Estos pelos, largos y delgados poseen una elevada relación superficie/volumen y, pueden introducirse a través de los poros del suelo de muy pequeño diámetro. Los pelos absorbentes incrementan de esta manera la superficie de

contacto entre la raíz y el suelo. Desde los pelos radicales, el agua se mueve a través de la corteza, la endodermis (la capa más interna de la corteza) y el periciclo, hasta penetrar en el xilema primario. Este movimiento estará causado por la diferencia de potencial hídrico entre la corteza de la raíz y el xilema de su cilindro vascular, y el camino seguido estará determinado por las resistencias que los caminos alternativos pongan a su paso. Hay que distinguir dos caminos alternativos: el simplasto (conjunto de protoplastos interconectados mediante plasmodesmos) y el apoplasto (espacio libre aparente; formado por los espacios libres de la pared celular, los espacios intercelulares y los espacios en el xilema). En general, se considera que el apoplasto está formado por el espacio libre aparente en la planta y presenta una menor resistencia al paso de agua que el simplasto, en el que abundan lípidos, sustancias hidrófobas, orgánulos y partículas que aumentan la viscosidad del medio. El camino que siguen el agua y los solutos, en la planta puede ser apoplástico o simplástico, o una combinación de ambos. Pero se piensa que el agua discurre en la raíz mayoritariamente por el apoplasto mojando paredes celulares y espacios intercelulares. La endodermis es la capa más interna de la corteza y se caracteriza porque sus células se disponen de forma compacta no dejando espacios intercelulares y, por la presencia de la banda de Caspary (depósitos de suberina) en sus paredes celulares anticlinales y radiales (Bidwell 2002).

Ósmosis

El concepto de ósmosis puede definirse como un tipo especial de difusión en el cual una sustancia pasa a través de una membrana semipermeable de una región de mayor concentración a otra en la cual la concentración es más baja.

La ósmosis es muy similar a la difusión, de hecho es un tipo especial de difusión y el único factor distintivo es la presencia de una membrana con permeabilidad diferencial (Bidwell 2002).

Presión Osmótica

El término presión osmótica se usa con frecuencia en trabajos dedicados a la fisiología del agua en las plantas. Debido a la dificultad existente para demostrar esta presión y debido a que solo se le puede medir de modo indirecto, el término presión osmótica es difícil de comprender perfectamente. Podemos definir la presión osmótica como la presión necesaria para contrarrestar el paso de agua pura al interior de una solución acuosa a través de una membrana semipermeable evitando así un incremento en el volumen de la solución. Esta definición implica que la solución esté encerrada en un recinto perfectamente elástico. Y perfectamente permeable al agua pero no a los solutos, sin embargo, también se habla de presión osmótica refiriéndose a soluciones que no se encuentran encerradas en ninguna estructura semipermeable. La presión osmótica es una propiedad coligativa de una disolución. Es decir es directamente proporcional al número de moléculas de soluto disueltas en una cantidad dada de disolvente (Bidwell 2002).

Presión de turgencia

El citoplasma y los orgánulos celulares están encerrados en el interior de una membrana semipermeable, el plasmalema o simplemente, la membrana protoplasmática. A diferencia de las células animales, en las células vegetales la membrana citoplasmática está rodeada por una estructura rígida y relativamente inelástica llamada pared celular. Esta propiedad característica de las plantas permite a sus células aguantar variaciones relativamente amplias de concentración osmótica. En cambio, la célula animal puede vivir solamente en el seno de soluciones cuya concentración osmótica sea idéntica o casi idéntica a la de su propio contenido celular. Colocada en agua pura la célula vegetal se hincha solamente hasta un cierto límite no muy importante y no estalla. Gracias a la elevada presión osmótica del contenido celular el agua penetra en la célula, con lo cual la membrana protoplasmática va siendo progresivamente

comprimida contra la pared celular. La presión desarrollada por este fenómeno (es decir, la presión que comprime la membrana celular contra la pared celular) recibe el nombre de presión de turgencia. Gracias a su rigidez la pared celular ejerce una presión igual y opuesta, a la que denominamos presión de pared. Como resultado de esta contraposición de fuerzas, la planta situada en estas condiciones queda en un estado llamado turgente. Uno de los primeros síntomas de déficit de agua en una planta consiste en una pérdida de turgencia que tiene lugar en las células de sus hojas, fenómenos que origina el aspecto marchito de dichas hojas.

Potencial Químico

El potencial químico de una sustancia en un sistema es la medida de la capacidad de esa sustancia para realizar un trabajo de movimiento. Generalmente se considera que es igual a la energía libre parcial molar de Gibbs. En una disolución simple de un no-electrolito en agua, el potencial químico del agua depende de la energía libre media por molécula y la concentración de agua, es decir, de la fracción molar del agua. El concepto de potencial hídrico se refiere al potencial químico que tiene el agua. Recordemos que el concepto de potencial químico es muy general, ya que se refiere a la energía con que cuenta cualquier compuesto químico para realizar un trabajo de movimiento. En el caso del potencial hídrico, se refiere a la capacidad que tiene el agua de llevar a cabo un trabajo de movimiento. El estado hídrico de la planta se relaciona con el balance entre el flujo de transpiración y el flujo de absorción de agua y le influyen, tanto los factores que afectan al movimiento estomático asociados al flujo de transpiración, cuyo control se asigna al vapor de agua en la capa límite foliar (Aphalo y Jarvis, 1993; Meinzer *et al.* 1997), como los factores que afectan a la capacidad de absorción de la planta. La absorción de agua está en mayor grado controlada por la transpiración, pero también por el volumen y caracteres radiculares y los factores ambientales, como son la disponibilidad y tipología de la solución radicular, el nivel de

aireación y la temperatura del entorno radicular (Raviv y Lieth, 2008). Le Bot *et al.* (1998) consideran que es la disponibilidad de fotoasimilados en la raíz la que determina una mayor tasa de absorción de nitrato. En rosal se observan, en intervalos cortos, relaciones entre la absorción de nitrato y la radiación solar durante el día y entre la absorción de nitrato y la temperatura de la raíz durante la noche o en condiciones de baja radiación solar. Cárdenas-Navarro *et al.* (1999) apuntan a la concentración de nitrato y al contenido de oxígeno en el entorno radicular como factores que pueden afectar a este proceso de absorción. Estos mismos autores observan una correlación positiva entre el contenido de agua y la concentración de nitrato en la planta.

Absorción de los Nutrientes.

Las plantas suelen absorber los nutrientes por las raíces, aunque también pueden absorber alguna cantidad a través de las hojas si se aplican en solución (fertilización foliar). Los nutrientes entran a la planta en forma de iones, partículas ultramicroscópicas que llevan cargas eléctricas. Cuando los iones tienen cargas eléctricas positivas se llaman cationes; calcio (Ca^{2+}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+), magnesio (Mg^{2+}). Los iones con cargas eléctricas negativas se llaman aniones e incluyen; fosfato (H_2PO_4^- o $\text{HPO}_4^{=}$), el nitrato (NO_3^-) o el sulfato ($\text{SO}_4^{=}$).

La mayor parte de la absorción de agua se produce cerca de los meristemos apicales de las raíces, en los pelos radicales, sin embargo, los nutrientes entran a la planta en una zona entre la región meristemática y la zona de pelos radicales. Esta zona se caracteriza por una incipiente diferenciación celular donde aún no está plenamente diferenciada la endodermis.

Transporte y distribución de los nutrientes.

El transporte de nutrientes en la planta puede ser de dos maneras; transporte de nutrientes larga distancia y transporte de nutrientes corta distancia.

- Transporte larga distancia.- Este tipo de transporte se lleva a cabo a través del apoplasto, es decir, a través del espacio libre aparente en la planta. La pared celular, los espacios intercelulares y los vasos xilemáticos constituyen el apoplasto (espacio libre aparente) y es en este conjunto de espacios que los nutrientes circulan en forma pasiva y libre. La entrada o salida de los iones depende de un gradiente de difusión, es decir que las sales se van moviendo según las diferencias de concentración que hay entre un punto y otro. El movimiento de solutos de bajo peso molecular como son: iones minerales, ácidos orgánicos y aminoácidos, se lleva a cabo por difusión o por un flujo de masas y no es restringido por la superficie externa de las raíces (células de la rizodermis). Los iones van ocupando los espacios en las paredes celulares y los espacios intercelulares de las células de la corteza. Los iones van avanzando al interior de la raíz siguiendo un gradiente de concentración, van siempre de un punto de mayor concentración a otro de menor. Este movimiento de solutos en la raíz es un proceso no metabólico, es decir, un proceso pasivo. Al llegar a la endodermis se encuentran con la banda de Caspary que es impermeable y para poder entrar al citoplasma celular (simplasto), algunos de ellos deben gastar energía metabólica, constituyendo de esta manera una absorción activa.
- Transporte corta distancia.- Este tipo de transporte de nutrientes en la planta, ocurre a través de la membrana celular y puede ser un transporte sin gasto energético, (transporte pasivo) o bien, utilizando energía en forma de ATP (transporte activo). La energía que permite la absorción activa procede de la oxidación de substratos orgánicos a partir de la respiración, por lo que en este tipo de reacciones es utilizado el oxígeno.

La absorción activa promueve un aumento de la concentración de iones en el citoplasma celular hasta niveles muy superiores que los del exterior, y esto se debe al gasto energético que realiza la planta, pues se absorben iones en contra del gradiente de concentración.

En el transporte activo de los iones intervienen unas sustancias específicas llamadas transportadores (carriers) las cuales se encuentran incrustadas en las membranas de las células. Existen dos teorías que tratan de explicar la absorción de iones minerales con el uso de transportadores; la teoría de la bomba de citocromos y otra en la que se utiliza energía proveniente del ATP. La teoría de la bomba de citocromos explica la absorción activa de los aniones, la cual es independiente de la absorción de los cationes. La bomba de citocromos es una cadena de reacciones de oxido-reducción (pérdida y ganancia de electrones respectivamente), que transporta el anión desde el exterior y lo deposita en el interior de la célula.

La segunda teoría explica como los aniones y cationes son tomados por un fosfolípido, como la lecitina, que por una enzima específica (la lecitinasa) se hidroliza eliminando los aniones y cationes, que había tomado, hacia el interior de la célula. Posteriormente la lecitina hidrolizada pasa a lecitina nuevamente, resintetizándose nuevamente con un gasto de energía proveniente del ATP.

Para que exista una buena absorción de iones, la raíz debe respirar y para ello el suelo deberá tener una excelente aireación. Todos los factores que favorecen la respiración de la planta favorecen en última instancia la absorción de los iones minerales. La oxigenación del suelo resulta importantísima en la nutrición y en la fertilización de la planta. Una buena práctica cultural del suelo garantiza una buena aireación.

El transporte pasivo. Es un proceso de difusión de sustancias a través de la membrana. Se produce siempre a favor del gradiente, es decir, de donde hay más hacia el medio donde hay menos. Este transporte puede darse por:

Difusión simple a través de la bicapa. Así entran moléculas lipídicas como las hormonas esteroideas, anestésicos como el éter y fármacos liposolubles. Y sustancias apolares como el oxígeno y el nitrógeno atmosférico. Algunas moléculas polares de muy pequeño tamaño, como el agua, el CO₂, el etanol y la glicerina, también atraviesan la membrana por difusión simple. La difusión del agua recibe el nombre de ósmosis. Difusión simple a través de canales. Se realiza mediante las denominadas proteínas de canal. Así entran iones como el Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻.

El transporte activo. En este proceso también actúan proteínas de membrana, pero éstas requieren energía, en forma de ATP, para transportar las moléculas al otro lado de la membrana. Se produce cuando el transporte se realiza en contra del gradiente electroquímico. Son ejemplos de transporte activo la bomba de Na⁺/K⁺, y la bomba de Ca²⁺. La bomba de Na⁺/K⁺ requiere una proteína transmembranosa que bombea Na⁺ hacia el exterior de la membrana y K⁺ hacia el interior. Esta proteína actúa contra el gradiente gracias a su actividad como ATP-asa, ya que rompe el ATP para obtener la energía necesaria para el transporte.

Las cinéticas de absorción de agua y de nutrientes dependen del estado del crecimiento y desarrollo de las plantas y de las condiciones climáticas y, por lo tanto, no son constantes a lo largo del ciclo de cultivo. El movimiento de los iones desde el exterior de las raíces hasta el xilema supone que deban atravesar varias capas de plasmalema. Este movimiento es altamente sensible a los cambios de temperatura de la raíz (Bassirad *et al.* 1993), a la concentración de oxígeno en la solución radicular a inhibidores metabólicos y a la luz y/o disponibilidad de carbohidratos y todo ello sugiere que el sistema de absorción es energético dependiente. La absorción de nitrato por transporte activo, es controlada en la interfase raíz-membrana celular con la solución nutritiva en el entorno radicular. Este proceso ocurre en contra de gradiente electroquímico y la energía necesaria la aporta la hidrólisis de ATP catalizada

por una ATPasa específica de la membrana. El ATP proviene de la oxidación de carbohidratos procedentes de los órganos fotosintéticos (Miller y Cramer, 2004).

Los transportadores son básicamente proteínas de membrana que son específicas para el ión que transportan, manteniendo una correspondencia transportador-ión similar a la de enzima-sustrato. Esta analogía llevó a Epstein a sugerir que el transporte a través de la membrana de las células de las raíces a través de un transportador específico puede describirse siguiendo el modelo desarrollado para explicar la cinética enzimática por Michaelis- Menten. Para el caso del NO_3^- se han identificado tres tipos de transportadores que operan a distintas concentraciones de nitrato en la solución radicular en un rango de 0- 1mM. Dos de ellos – de alta afinidad (HATS siglas en inglés High Affinity Transport Solutions) -, uno constitutivo y otro inducible, operan a muy bajas concentraciones de nitrato, de entre 0- 200 μM y son saturables (Glass y Siddiqi, 1995), mientras que el tercer tipo – de baja afinidad (LATS siglas en inglés Low Affinity Transport Solutions) -, no muestra saturación y su contribución en la absorción neta es muy significativa cuando las concentraciones de nitrato son relativamente elevadas. Sin embargo, en plantas leñosas, Adam et al (2003) mostraron que LATS funcionaba con un flujo de absorción constante independientemente de la concentración de nitrato cuándo ésta era superior a 1mM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en durante el periodo 2014-2015 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista Saltillo, Coahuila, México con la coordenadas 25°21'22.23" Latitud Norte y 101°02'06.68" Longitud Oeste de acuerdo con el meridiano de Greenwich y a 1763 metros sobre el nivel del mar (msnm). El experimento dio inicio en el mes de octubre del 2014, en el invernadero de ornamentales que se encuentra ubicado en el departamento de Horticultura.

Descripción del Área Experimental

Clima: Muy seco, BW hw (x) (e); semiárido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media 350-400 mm; régimen de lluvias: la temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco. La Temperatura media anual de 19.8 °C. Las heladas comienzan en noviembre, no son muy severas en noviembre y diciembre, son más intensas en enero (hasta -10°C).

Material utilizado

Los materiales que se utilizaron fueron bolsas negras de polietileno para vivero con capacidad de 10 litros, calibre 600. El medio de crecimiento que se utilizó como sustrato para el desarrollo de las plantas fue una mezcla de 60 %perlita y 40% materia orgánica (champiñónasa). Tijeras Felco No. 2 para realizar el manejo y poda de las plantas, aspersora manual de mochila swissmex con

capacidad de 18 litros, para las aplicaciones del control de plagas y enfermedades en el cultivo.

Medidores de iones nitratos (NO_3^-), potasio (K^+) “CardyHoriba”, medidor de pH “HoribatwinpH” y medidor de conductividad eléctrica (CE) conductímetro “Horiba Twin Cond”; estos equipos resultan útiles para el monitoreo de la nutrición de los cultivos; estos instrumentos son muy confiables su precisión ha sido corroborada con equipos estacionarios de laboratorio. Las mediciones con estos equipos se pueden realizar en la solución de extracto de saturación de suelo, solución del suelo (chupatubos), solución nutritiva, agua de riego, agua de drenaje de contenedores, y extracto celular de peciolo. Su mayor ventaja es el corto tiempo en que se tiene el dato y el bajo costo de la determinación. (Castellanos, 2010.)

Material vegetal

Plantas de rosal variedad “Freedom” injertadas sobre portainjerto “*manetti*”. Las plantas fueron injertadas y cultivadas en la localidad de San Nicolás Zecalacoayan, Chiautzigo, Puebla, hasta alcanzar una clasificación 2 X (dos tallos basales de 30 cm de longitud) en tamaño de planta, posteriormente fueron preparadas y enviadas.

Diseño experimental

El experimento se estableció con el diseño completamente al azar, en el cual posteriormente se distribuyeron los tratamientos, cada tratamiento consto de cuatro repeticiones dando un como resultado un total de 16 unidades experimentales cada unidad experimental con 25 plantas. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SAS, versión 9.0.; para la separación de medias se utilizó prueba de Tukey $P \leq 0.05$).

Modelo estadístico utilizado:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \Sigma_{ij}$$

Dónde:

Influencia i-ésimo tratamiento

$i = 1, 2, 3, \dots, t$

Influencia de la j-ésima repetición.

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

μ = Media general

Σ_{ij} = Error experimental.

Cuadro 1. Distribución de tratamientos en plantas de rosal var “Freedom” de 1 año de edad, con 2 tallos basales

T3	R2	R1	R3	R4
T2	R1	R2	R3	R4
T1	R1	R4	R3	R2
T4	R4	R2	R1	R3

Cuadro 2. Solución nutritiva completa aplicada en el fertirriego a las plantas de rosal var “Freedom”

Macronutrientes Meq/L						
NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
9.0	1.0	5.36	0.5	4.64	6.5	3
Micronutrientes ppm						
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo	
3	.5	0.025	0.136	0.262	0.054	

Cuadro 3. Descripción de tratamientos aplicados en las plantas de rosal var “Freedom” para su posterior evaluación.

Tratamiento 1	Agua con ácido
Tratamiento 2	Solución completa
Tratamiento 3	Solución completa con $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- + $240.71 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de K^+
Tratamiento 4	Solución completa con $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- + $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de K^+

Manejo del cultivo

La preparación del sustrato y la plantación de las rosas (Figura 1) se realizó el día 23 de octubre del 2014, que fue el día que llegaron las plantas provenientes del estado de Puebla (Figura 2), en este día se realizó el acomodo de las macetas en el invernadero, a partir desde este día se inició con el mantenimiento de las rosas como son los riegos dependiendo la humedad que contenía el sustrato, cuando se inició la brotación de la yemas se comenzó a aplicar una solución nutritiva general en los riegos.



Figura 1. Preparación de sustrato como medio de crecimiento para las plantas de rosal var “Freedom”



Figura 2. Planta de rosalvar “Freedom” a raíz desnuda procedentes del estado de Puebla

La planta se manejó bajo el sistema tradicional que se explica brevemente, antes de aplicar los tratamientos y hacer las evaluaciones, el rosal recibió un tratamiento de formación (podas) de estructura, que duró 6 meses. Estas podas son las más importantes ya que define de manera directa el periodo productivo de las rosas.

La primera poda (descabezado) que se realiza la eliminación el botón apical, esto se hace cuando el botón está en el estadio de punto de corte o en inicio de botón; dejando el pedúnculo que ahí es en donde se guardan reservas, así se tratan todos los tallos que brotan incluyendo los basales; no se debe dejar ningún botón floral.

La segunda poda (desyemado), después de la eliminación del botón apical, se genera la brotación de yemas debido a una dominancia apical que estas se deben eliminar cuando tengan 1” de longitud o antes. Estas son las tres primeras yemas superiores. El tiempo de desyeme está limitado a las yemas aproximadamente 2 meses, durante este periodo hay un aumento de diámetro de tallos y acumulación de reservas. Se observa que el pedúnculo sin reservan cambia de color verde al amarillo y se despende fácilmente o solo.

La tercera poda es la eliminación o poda de la parte desyemada, esta poda se realiza en la segunda hoja pentafoliada superior. Que esta yema llamada yema

gorda de donde brotara un tallo comercial del cual será de buena calidad (altura de tallo, diámetro de tallo y tamaño de botón).

La cuarta poda es el desbrote (eliminación de laterales), se realiza cuando los laterales son manipulables que es aproximadamente cuando tienen 1”.

La quinta poda es la poda de cosecha, en esta poda hay tres tipos de cortes:

1. Corte subiendo: se realiza haciendo un corte (poda) por arriba de la parte de donde sale el tallo y se deja mínimo 1 o 2 yemas pentafoliadas (Se realiza en invierno).
2. Corte estipular: se realiza haciendo un corte en la inserción dejando aproximadamente 2 cm de tallo. (Se realiza todo el año sirve para programar)
3. Corte bajando: se realiza haciendo un corte por debajo de donde brota el tallo (Se realiza en verano)

De acuerdo con la calidad de la planta (2X) con la que se recibió, el manejo de formación duro 6 meses (octubre 2014-abril 2015), que es lo recomendado para el tipo de calidad de planta.

Durante el periodo de formación de la planta se realizó el tutoreo (Figura 3), para evitar que los tallos salgan del área de la cama y obstruyan los pasillos, y es necesario conducir los tallos verticalmente para evitar que se doblen y/o dañen ya que esto disminuye la calidad



Figura 3. Tutoreo en rosal var “Freedom” a 60, 90 y 120 cm de altura

El día 24 de abril del 2014 se realizó la poda de cosecha y pinch en corte subiendo con el manejo de producción en pico y en esta brotación se aplicaron los tratamiento y se tomaron las evaluaciones. Se podaron a una misma altura (60cm) todos los tallos y sobre una yema buena de manera que todas las yemas estuvieran expuestas a la luz para lograr una buena brotación.



Figura 4. Poda a 60 cm de altura realizada después de 6 meses de formación de planta.

Después de la poda se comenzó con las aplicaciones de los diferentes tratamientos, de acuerdo con las fechas mencionadas (Cuadro 4), con un total de 10 aplicaciones, los tratamientos se aplicaron dependiendo de los riegos necesarios durante el ciclo.

Cuadro 4. Fecha de aplicación de los diferentes de tratamientos en rosal var “Freedom”

Fechas de aplicación de tratamientos
Jueves 30 de Abril
Viernes 8 de Mayo
Jueves 14 de Mayo
Martes 19 de Mayo
Lunes 25 de Mayo
Jueves 28 de Mayo
Domingo 31 de Mayo
Viernes 5 de Junio
Lunes 8 de Junio
Sábado 13 de Junio

Los riegos se aplicaban dependiendo de la humedad contenida en el sustrato y las condiciones ambientales en el invernadero.

Para el control fitosanitario se realizaban aplicaciones necesarias, para el control de pulgón y mosquita blanco se aplicó Imidacron y cipermetrina; para el control de araña roja se utilizó un método de pronóstico de araña roja basada en unidades calor. Para la prevención de enfermedades se aplicó Saprol 1 ml/L y Tecto 60 0.5 g/L las aplicaciones se realizaron dependiendo de las condiciones ambientales principalmente en días frescos con alta HR.

Medición de las variables

El estudio de la nutrición del rosal requiere un conocimiento profundo de los diferentes periodos fenológicos que tiene durante el cultivo ya que los

requerimientos de nutrientes varían en función de ellos. De esta forma podremos establecer una correcta dosificación de los nutrientes, evitando excesos en momentos en los que hay menor absorción y ajustando los aportes para conseguir el ya mencionado abonado “a la carta” de este cultivo”(Cadahía 2005).

A la técnica del análisis de savia en el caso de las hortalizas se le denomina “análisis de ECP (extracto celular de peciolo)” ya que la savia que se utiliza para analizar es extraída del peciolo de las hojas maduras que son con mayor actividad fotosintética; en el caso del rosal al ser una planta semileñosa es muy difícil extraer savia de los peciolos, por lo cual en el rosal se utilizó el tallo para extraer savia en cada estadio ; por lo tanto en este experimento la savia que se analizó se extrajo mediante el siguiente procedimiento:

1. Monitorear la temperatura de la planta (Figura 5) (las mediciones se realizaron cuando la T° estaba entre los 20 a 25 °C)
2. Cortar dos tallos por cada repetición de cada tratamiento.
3. Deshojar el tallo.
4. Medir 10 cm del ápice del botón, tomar el trozo de los 10 a 20 cm (Figura 6) y trocear el tallo (Figura 7).
5. Trituración de los trozos con el motivo de hacer más fácil la extracción de savia (Figura 8).
6. Colocar los trozos triturados dentro de una jeringa de 50 ml (Figura 9) y extraer la savia y colocar la savia en los medidores Cardy para su análisis (Figura 10).

Este procediendo es general, en la primera evolución que es en el estadio de 10 cm se troceó todo el tallo, a partir de estadio de punto color se tomaban 10 cm del pedúnculo y 10 cm de tallo después del pedúnculo ya que se dificultaba la extracción de savia y en esta parte del tallo es más fácil la extracción.



Figura 5. Monitoreo de temperatura de la hoja antes de cada muestreo con el medidor de temperatura.



Figura 6. Medición de tallo para su posterior extracción de savia



Figura 7. Troceo de tallo para el análisis de savia



Figura 8. Trituración de tallo para su fácil extracción de savia



Figura 9. Colocación de la muestra en jeringa para obtener la savia del tallo



Figura 10. Colocación de savia en ionómetros para la medición de concentración de nutrientes

Cuadro 5. Fecha de muestreo para la evolución de concentración de nutrientes en savia

Fecha	Estadio	Variabes
15 de Mayo 2014	10 cm	NO_3^- , K^+
20 de Mayo 2014	20 cm	NO_3^- , K^+
23 de Mayo 2014	30 cm	NO_3^- , K^+
26 de Mayo 2014	Inicio de botón	NO_3^- , K^+
01 de Junio 2014	Después de inicio	NO_3^- , K^+
03 de Junio 2014	Chícharo chico	NO_3^- , K^+
05 de Junio 2014	Chícharo mediano	NO_3^- , K^+
08 de Junio 2014	Chícharo grande	NO_3^- , K^+
11 de Junio 2014	Punto color	NO_3^- , K^+
14 de Junio 2014	Punto estrella	NO_3^- , K^+
18 de Junio 2014	Cosecha	NO_3^- , K^+

Cuadro 6. Estadios del rosal var. "Freedom"

Fecha	Estadio	
5-7 de Mayo 2014	Brotación	
15 de Mayo 2014	10 cm	
20 de Mayo 2014	20 cm	
23 de Mayo 2014	30 cm	
26 de Mayo 2014	Inicio de botón	
01 de Junio 2014	Después de inicio	
03 de Junio 2014	Chícharo chico	
05 de Junio 2014	Chícharo mediano	
08 de Junio 2014	Chícharo grande	

11 de Junio 2014	Punto color	
14 de Junio 2014	Punto estrella	
18 de Junio 2014	Cosecha	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración en ppm de NO_3^- en savia

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación de los 4 tratamientos (soluciones nutritivas) se encontraron diferencias significativas. Con respecto al estadio "10 cm de longitud"(Figura 11), en los tratamientos 3 y 4 se encontró mayor concentración de nitratos en la savia del tallo, lo que indica que las plantas en estos tratamientos con mayores concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva de $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- respectivamente absorbieron mayormente este elemento comparado con las plantas testigo que crecieron solo con agua acidificada con ácido nítrico a una concentración de $42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ N-NO_3^- . Esto posiblemente se deba a que a mayor concentración del ion nitrato en la solución, la absorción de este es mayor y se mueve rápido en el medio de crecimiento, debido a su gran solubilidad, permitiendo mayor uniformidad en la distribución y asimilación en los pelos radicales de la planta Prometeo (2012). De acuerdo con la Cinética de Michaelis-Menten del Nitrógeno mencionada por Kuzyakov *et al.* (2013) muestran claramente que a mayor concentración de nitrato hay mayor absorción (Figura 12a), sin embargo el ion nitrato al estar en mayor concentración en la solución, mayor será la concentración en savia; hasta un punto en donde la concentración de nitrato sea tan elevada en la solución, que no podrá ser absorbido en mayor cantidad por la planta, ya que los sistemas de absorción se saturan. En contraste a bajas concentraciones como en nuestras plantas testigo, los iones NO_3^- y NH_4^+ pudieran ser absorbidos por microorganismos considerablemente más rápidamente que por las plantas (Figura 12 a y b) y así causando bajas concentraciones en la savia, aunado a las bajas concentraciones en las solución nutritiva.

Con respecto a el estadio “20 cm de longitud” no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 11) por lo tanto las soluciones no tuvieron influencia en la concentración de nitratos en la savia del tallo. A mayor tasa de crecimiento menores concentraciones de nitrógeno que ocasiona un efecto de dilución como se observa (Figura 11), lo que podría resultar como una mayor demanda de nitrógeno Roca (2009). Se atribuye a que el paso del estadio “10 cm” a “20 cm de longitud” es muy rápido, ya que por el rápido crecimiento del tallo, la absorción de nitratos en la raíz baja, ya que durante los periodos de rápida elongación del tallo, brotes y hojas se convierten en los mayores sumideros de asimilados, esto disminuye el suministro de carbohidratos hacia la raíz y, en consecuencia, disminuye la disponibilidad de carbohidratos requeridos en procesos dependientes de energía, como la absorción de iones y el crecimiento de las raíces Vélez *et al.* (2011). La absorción de nitrato por transporte activo, es controlada en la interfase raíz-membrana celular con la solución nutritiva en el entorno radicular. Este proceso ocurre en contra de gradiente electroquímico y la energía necesaria la aporta la hidrólisis de ATP catalizada por una ATPasa específica de la membrana Roca (2009). El ATP proviene de la oxidación de carbohidratos procedentes de los órganos fotosintéticos (Glass, 1989; Wheeler *et al.* 1989; Miller y Cramer, 2004). Como la absorción de nitrato es por transporte activo al tener gran cantidad de fotoasimilados en la raíz y una concentración alta de nitratos en el medio de crecimiento, la absorción del nitrato será mayor y por consecuencia la concentración de nitratos en savia será elevada; si en la raíz hay baja cantidad de fotoasimilados la absorción de nitratos es menor y aunque en el medio de crecimiento haya alta concentración de nitratos estos no podrán ser absorbidos.

Como se observa en el estadio “30 cm de longitud” (Figura 11) el tratamiento 3 con una concentración de $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- en la solución nutritiva, fue mayor significativamente la concentración de nitratos en savia. Esta concentración elevada de nitratos en savia se atribuye a que la solución nutritiva en el medio de crecimiento es alta en contenido de N-NO_3^- por lo tanto

hay mayor disponibilidad del ion para ser absorbido por la planta. En la medida en que los brotes ralentizan su crecimiento, mas carbohidratos se tornan disponibles para translocación a las raíces, permitiendo una mayor tasa de absorción del ion y el crecimiento de las mismas Vélez *et al.* (2011). Tomando en cuenta la Cinética de Michaelis-Menten el tratamiento 4 tiene la mayor concentración de nitrato en el medio de crecimiento con $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- por lo que se supondría que la concentración en savia fuese mayor; pero los resultados indican que el tratamiento 3 con $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- en el medio de crecimiento tuvo una mayor concentración de NO_3^- en savia y no el de $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- ; este resultado se lo podemos atribuir a que a una concentración alta de N-NO_3^- como es en el caso del tratamiento 4 aumenta la conductividad eléctrica en el medio de crecimiento. Las plantas expuestas a condiciones salinas adversas mantienen potenciales osmóticos intracelulares aún más bajos que los del medio de crecimiento, o de lo contrario se produciría una desecación de la planta debido al fenómeno de osmosis inversa. Esto lo consiguen las plantas bien por la toma de concentraciones elevadas de sal o bien por la producción intracelular de concentraciones elevadas de compuestos solubles como glicerol-manitol, sacarosa, prolina y glicina-betaina (Barcelo, 1995).

En el estadio “inicio de botón” se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Las concentraciones de nitratos en comparación con los estadios anteriores es baja en los cuatro tratamientos, pero numéricamente las concentraciones más altas es este estadio son en el tratamiento 2 y 3 que tienen una concentración de 126 y $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente. Esto probablemente se deba a que después de una rápida elongación de los tallos en los estadios anteriores suceda el efecto de dilución en donde los nitratos concentrados se distribuyen en todo el tallo y partes de la planta y al estar distribuidos la concentración de nitratos baja. Vélez *et al.* (2011) menciona que aunque una gran parte del nitrógeno absorbido por las plantas en el periodo entre la brotación de yemas y la rápida elongación de los tallos fue traslocada a

los tallos florales en desarrollo, no hay suficiente absorción de nitrógeno por las raíces para satisfacer toda la demanda de nitrógeno de los tallos.

En el estadio “después de inicio de botón” se observa que hay diferencia significativa. Las concentraciones altas de NO_3^- en savia fueron en los tratamientos 2 y 3 con 126 y $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$ en el medio de crecimiento respectivamente, es probable que esto se deba a que la elongación en estos estadio se vuelve lento, la concentración de nitratos comience a subir además de que las hojas alcanzan una madurez en donde se vuelven fotosintéticamente activas y con esto la absorción de nutrientes se eleva; al igual como la absorción de nitratos comienza a elevarse se cumple con la cinética de Michaelis-Menten del nitrógeno mencionada anteriormente en donde a mayor concentración de nitratos en la solución mayor es la absorción hasta un punto en donde aunque sea muy elevada la concentración de la solución la absorción de nitratos se mantendrá casi constante (Figura 12a). Aunado a esto Le Bot *et al.* (1998) mencionado por Roca (2009) consideran que es la disponibilidad de fotoasimilados en la raíz la que determina una mayor tasa de absorción de nitrato.

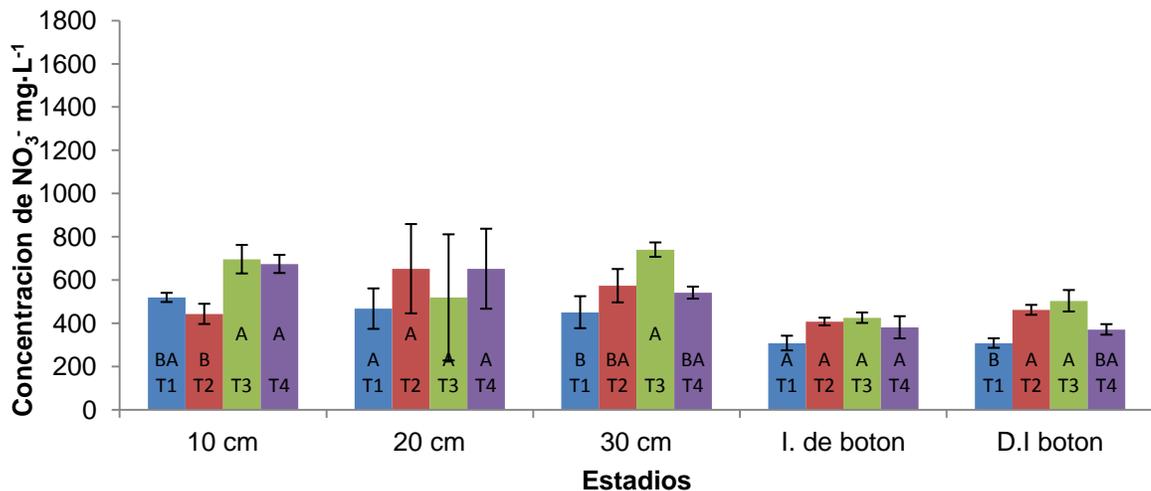


Figura 11. Concentración de NO_3^- en savia en tallo de rosal por estadio en respuesta de la aplicación de 4 diferentes concentraciones de N-NO_3^- en solución nutritiva T1 $42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Las letras dentro de las barras representan el nivel de significancia de las medias (medias con misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$). Líneas en la parte superior de las barras representan el error estándar.

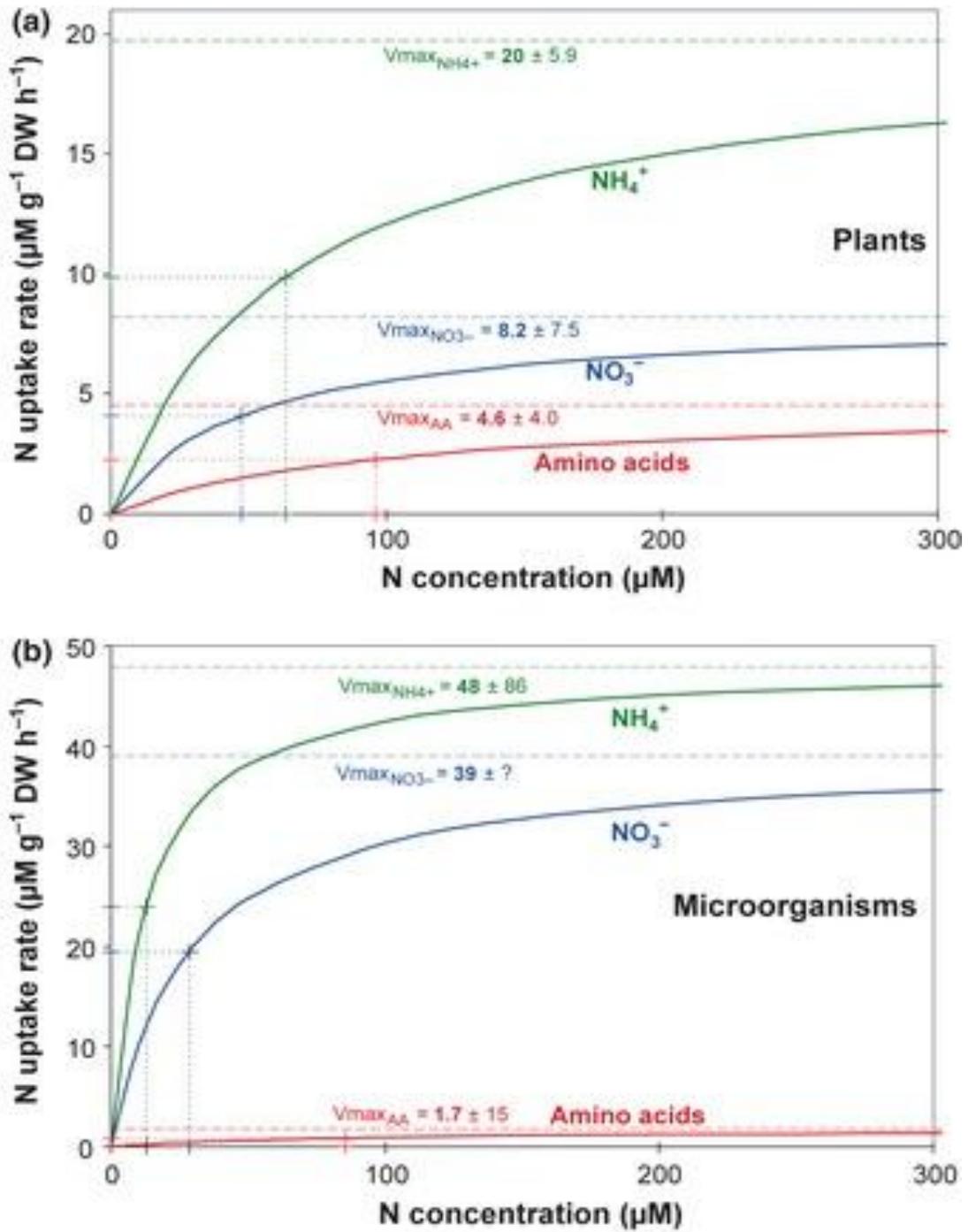


Figura 12 a y b. Cinética de Michaelis-Menten de nitrógeno (N) en plantas (a) y microorganismos (b). Tomado de artículo: Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. New Phytol. Artículo de YakovKuzyakov (2013)

Para el estadio “chícharo chico” se observa una diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 13), como resultado se obtiene que en el tratamiento 3 su concentración de nitrato en savia es superior significativamente en comparación con la de los demás tratamientos; en este estadio y en el estadio “chícharo mediano” que en este tratamiento no hubo diferencia significativa, se observa un aumento en la concentración de nitratos en savia en comparación con los estadios “inicio de botón” y “después de inicio de botón” que en estos la concentración de nitratos baja, esta observación se puede relacionar con lo que menciona Vélez *et al.* (2011) que el incremento en la absorción de nitrógeno observado después del estadio de botón floral visible, no solo fue suficiente para completar la demanda de nitrógeno del tallo floral sino también para completar las reservas de nitrógeno en el follaje viejo y tejidos leñosos. Gutierrez *et al.*; Cabrera *et al.* ; Kool *et al.* citados por Roca (2009) mencionan que aunque en el compartimento **tallos florales** se encuentran los tallos en distintos estados de crecimiento, se sabe que cuando alcanzan el estado de botón visible, sus hojas adquieren la madurez funcional y los asimilados generados por las mismas son fuente principal para el propio tallo floral y, sólo cuando el tallo alcanza el punto de recolección, deja de ser sumidero principal y pasa a ser fuente de asimilados de otros sumideros.

Para el estadio “chícharo grande” hubo diferencia significativa, los tratamientos 2 y 4 obtienen la mayor concentración de nitratos en savia (Figura 13), en el estadio “punto color” igualmente tiene diferencia significativa el tratamiento con mayor concentración de nitratos en savia es el tratamiento 3 (Figura 13). En estos dos estadios se puede observar (Figura 13) que la concentración de nitrato en savia es la más alta en comparación con los estadios anteriores y posteriores, esto se puede atribuir debido a que las hojas en los tallos alcanzan su madurez, en la cual su actividad fotosintética es mayor entonces su absorción de nitratos será mayor además de otros nutrientes y por ende la concentración de nutrientes en la savia será mayor. Esto coincide con lo que señala Cadahía (2005) normalmente el nitrógeno parece ser el nutriente más

importante para los procesos de crecimiento y formación de 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 produce la elongación rápida del tallo. Debido al máximo crecimiento, elongación de tallos y crecimiento del botón floral (etapa reproductiva) hay una gran demanda de nutrientes y como consecuencia aumenta la absorción de nutrientes, al presentarse esta necesidad las raíces resisten a una alta CE en el medio de crecimiento y absorben los nutrientes.

Al final en los últimos estadios “punto estrella” y “cosecha” no hay diferencia significativa; en el estadio “punto estrella” se observa diferencia numérica y esta se comporta de acuerdo con la teoría de la cinética de Michaelis-Menten del nitrógeno mencionada por Kuzyakov *et.al.* (2013) en donde dice que a mayor concentración de ion nitrato en la solución mayor es la absorción del ion nitrato en las raíces. Según Cabrera *et al.* (1995) citado por Vélez (2011) el incremento en la absorción de nitrógeno observado después del estadio de botón floral visible, no solo fue suficiente para completar la demanda de nitrógeno del tallo floral sino también para completar las reservas de nitrógeno en el follaje viejo y tejidos leñosos.

Cabrera *et al.* (1995) resaltan la importancia del nitrógeno almacenado para soportar el crecimiento temprano de los tallos durante un ciclo de floración y la reducida capacidad de absorción de nitrógeno por parte de la planta durante la brotación y la rápida elongación del tallo floral en rosa.

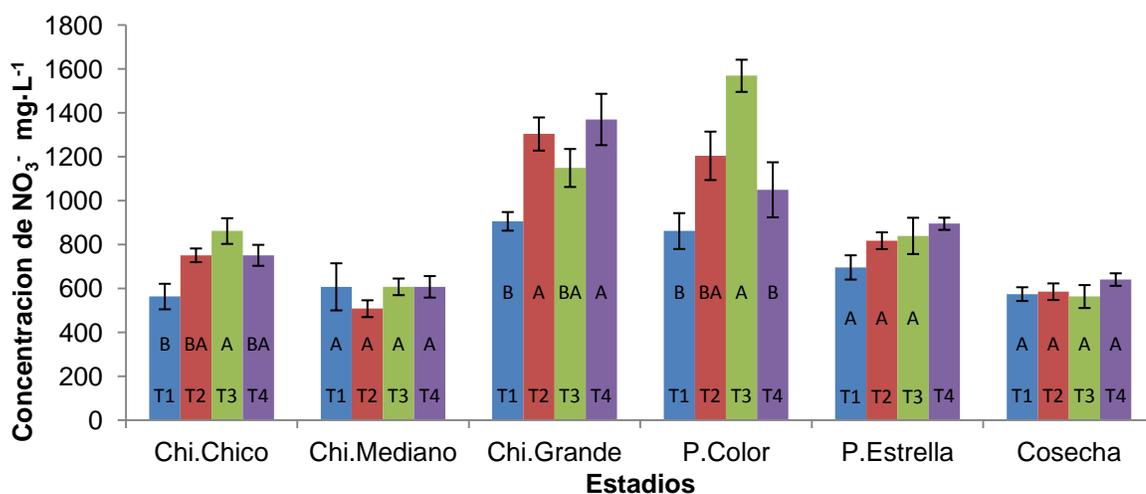


Figura 13. Concentración de NO_3^- en savia en tallo de rosal por estadio en respuesta de la aplicación de 4 diferentes concentraciones de N-NO_3^- en solución nutritiva T1 $42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Las letras dentro de las barras representan el nivel de significancia de las medias (medias con misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$). Líneas en la parte superior de las barras representan el error estándar.

Concentración en ppm de K⁺ en savia

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación de los 4 tratamientos; podemos observar (Figuras 14 y 15) que al muestrear la concentración de K⁺ en savia en el tallo del rosal en la mayoría de sus estadios no se encontró diferencia significativa en la concentración, solo hay diferencia numérica.

Se observa que en el tratamiento 1 la concentración de K⁺ en la solución nutritiva es muy baja (T1 4 mg·L⁻¹) en comparación con las demás concentraciones (T2 181.42 mg·L⁻¹, T3 240 mg·L⁻¹, T4 300 mg·L⁻¹) y la concentración de K⁺ en la savia en todos los estadios es similar y no presenta una diferencia significativa, esto es contradictorio con lo que menciona Borges *et al.* (2006) que la absorción de K por las plantas está determinada por su concentración en la solución del medio de crecimiento y por la capacidad de absorción radical. La tasa de absorción aumenta con la concentración en la solución; sin embargo, existe una velocidad máxima de absorción en la cual un aumento en la concentración no genera un incremento en la velocidad de absorción. Por lo que podemos decir que la planta del rosal al ser semileñoso almacena nutrientes como K⁺, para utilizarlos en el siguiente ciclo y se realiza una removilización que se basa en una serie de diferentes procesos fisiológicos y bioquímicos para la utilización de los nutrientes almacenados en la descomposición de las proteínas, vacuolas de almacenamiento (K, P, Mg, amino-N) y descomposición de las estructuras celulares y enzimas que transforman los nutrientes estructuralmente ligados (Marschners, 1995).

Se ha reportado por autores que en pomáceas en la concentración de K⁺ en las hojas está afectada por el portainjerto sobre el cual esté la variedad: así, mientras se indica que MM106 es un patrón que favorece la acumulación de K⁺, lo opuesto ocurre con M27 (Retameles, 2015). Existiría una relación lineal entre la tasa de crecimiento y la absorción de K⁺; en otras palabras, el K⁺ se absorbe según la demanda ejercida por el brote en crecimiento. Al establecer la demanda total de K⁺ por parte de un árbol, debe contemplarse el requerimiento de las hojas así como el de los frutos. Al comparar el efecto de la presencia de

fruta sobre la cantidad total de K^+ que contiene un árbol, se observa que árboles con o sin fruta acumulan niveles similares de este elemento; pero en un árbol sin fruta, se acumula el K^+ en las hojas y viceversa. Por ello, se señala que en frutales, la acumulación de K^+ y la de carbohidratos siguen esquemas similares. Esa vinculación entre K^+ y carbohidratos se manifiesta además por la frecuente asociación entre niveles de K^+ y de materia seca soluble en los frutos (Retameles, 2015). Por lo tanto atribuimos que el patrón que utilizamos en el rosal ayuda a almacenar K^+ el cual posteriormente es traslocado a otros órganos del rosal; en este estudio utilizamos el portainjerto manneti, el cual podemos decir que se comporta como el patrón MM106 en las pomáceas.

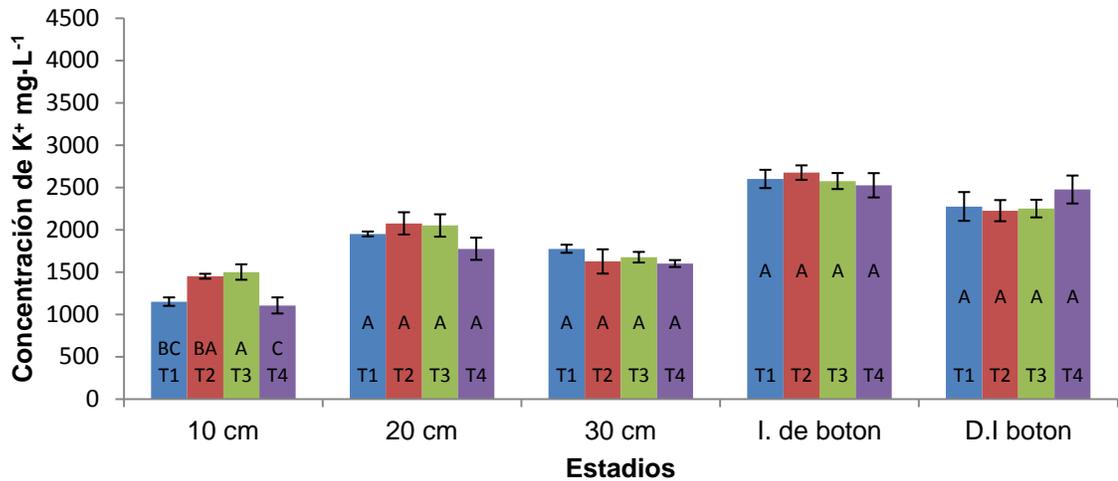


Figura 14. Concentración de K^+ en savia en tallo de rosal por estadio en respuesta de la aplicación de 4 diferentes concentraciones de K^+ en solución nutritiva T1 $4.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $181.42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Las letras dentro de las barras representan el nivel de significancia de las medias (medias con misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$). Líneas en la parte superior de las barras representan el error estándar.

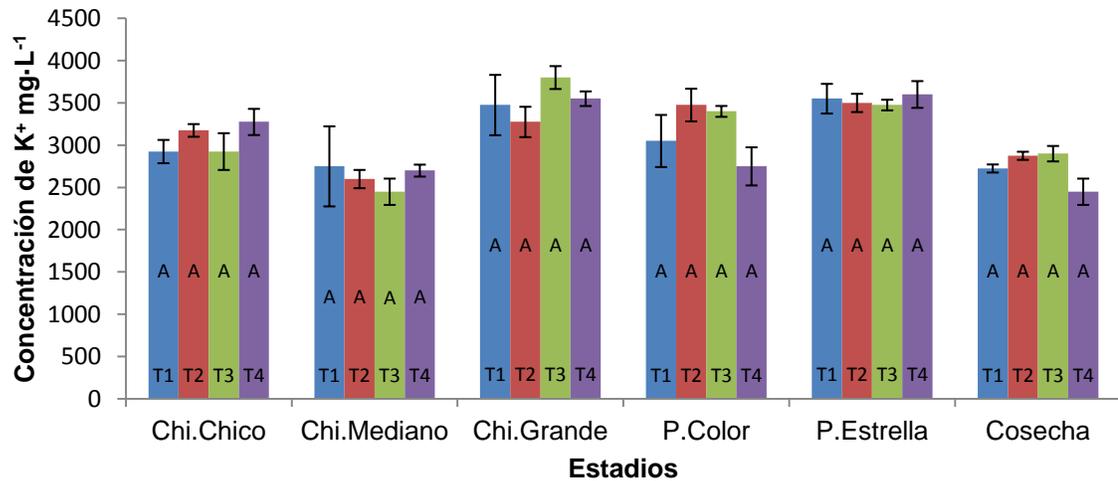


Figura 15. Concentración de K^+ en savia en tallo de rosal por estadio en respuesta de la aplicación de 4 diferentes concentraciones de K^+ en solución nutritiva T1 $4.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $181.42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Las letras dentro de las barras representan el nivel de significancia de las medias (medias con misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$). Líneas en la parte superior de las barras representan el error estándar.

Longitud de tallo (cm)

Con respecto a la variable longitud de tallo no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 16) por lo tanto los tratamientos no tuvieron influencia en la longitud de tallos florales; se encontró diferencia numérica entre los tratamientos, como resultado se observa que el tratamiento 2 con una concentración de $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- y 181 de $\text{K}^+\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ obtuvo la mayor longitud mientras que el tratamiento 4 con una concentración de $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- y $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de K^+ tuvo los tallos con menor longitud, esto se atribuye a que el exceso de sales reduce la cantidad de biomasa aérea debido a la muerte de raíces (Prometeo 2012). Una concentración alta de sales tiene como resultado potencial osmótico alto de la solución del medio de crecimiento, por lo que la planta tiene que utilizar más energía para absorber el agua y este consumo de energía se refleja reduciendo su crecimiento. En tomate se ha demostrado que la altura de las plantas disminuye con el incremento de la salinidad. A nivel de hojas la salinidad genera una reducción en su número y en el área foliar (Romero-Aranda et al., 2001).

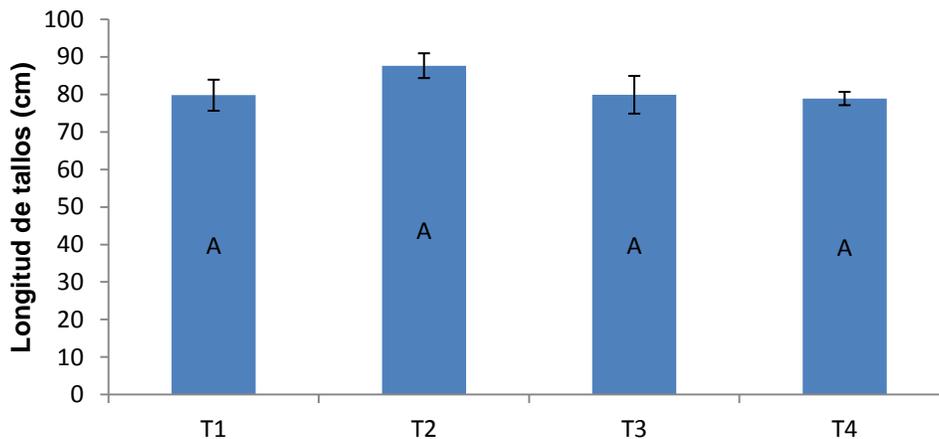


Figura 16. Longitud de tallo floral de rosal en respuesta de la aplicación de 4 diferentes concentraciones de K^+ en solución nutritiva T1 $4.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $181.42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y de N-NO_3^- T1 $42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Las letras dentro de las barras representan el nivel de significancia de las medias (medias con misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey $P\leq 0.05$). Líneas en la parte superior de las barras representan el error estándar.

Diámetro de tallo (mm)

De acuerdo con los resultados obtenidos de la variable de diámetro de tallo, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos aplicados esto nos indica que son estadísticamente iguales (Figura 17); aunque se encontró diferencia numérica entre los tratamientos; el tratamiento 3 obtuvo el mayor diámetro con una media de 7.53 mm; un tallo con buen diámetro, tendrá una mayor translocación de agua y nutrientes en comparación con un tallo de menor diámetro. Los tallos con menor diámetro fueron los del tratamiento 4 en cual tiene un concentración de $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- en solución nutritiva que es considerada alta en nitrógeno. Hernández (2011) menciona que al tener un exceso de nitrógeno, se presentaron tallos de menor diámetro en *lisianthus* al comparar distintas concentraciones de nitrógeno en soluciones nutritivas.

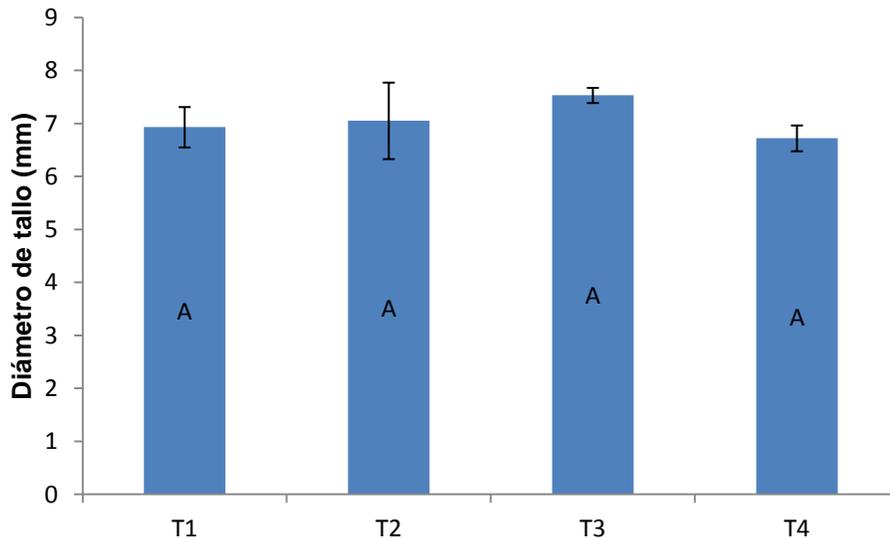


Figura 17. Diámetro de tallo floral de rosal en respuesta de la aplicación de 4 diferentes concentraciones de K^+ en solución nutritiva T1 $4.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $181.42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y de N-NO_3^- T1 $42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Las letras dentro de las barras representan el nivel de significancia de las medias (medias con misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$). Líneas en la parte superior de las barras representan el error estándar.

Longitud de botón (mm)

Con respecto a la variable longitud de botón no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 18) por lo tanto los tratamientos no tuvieron influencia en la longitud de botón; se encontró diferencia numérica entre los tratamientos, como resultado se observa que el tratamiento 2 con una concentración de $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- obtuvo la mayor longitud de botón mientras que el tratamiento 1 con una concentración de $42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- la menor longitud de botón. La longitud de botón, como otros parámetros de calidad del botón son características determinadas por el genotipo de la planta; y a esto lo puede afectar el medio en donde se desarrolla (factores bióticos y abióticos) un factor que puede afectar es la salinidad en el medio de crecimiento, ya que hay menor absorción de nutrientes en las raíces y mayor gasto de energía al absorber agua con un potencial osmótico alto y esta energía la planta puede utilizarla para su buen desarrollo.

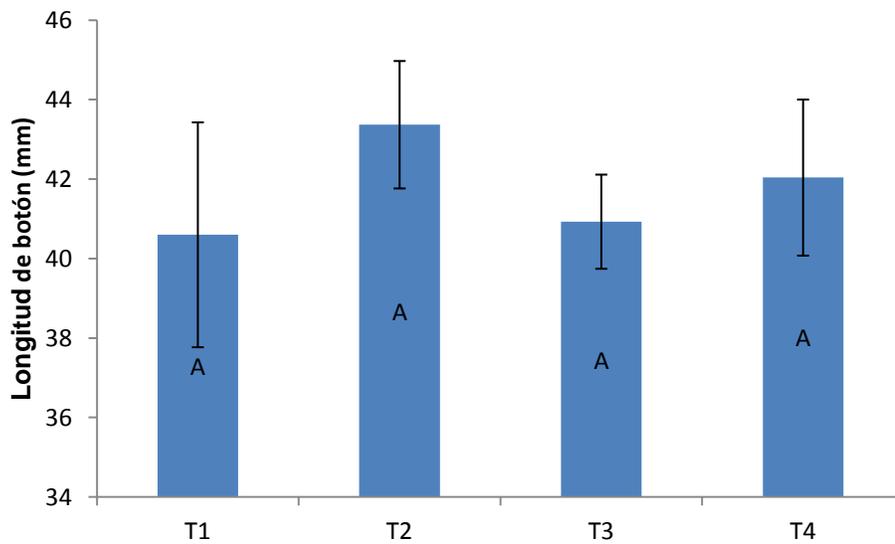


Figura 18. Longitud de botón floral de rosal en respuesta de la aplicación de 4 diferentes concentraciones de K^+ en solución nutritiva T1 $4.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $181.42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y de N-NO_3^- T1 $42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T2 $126 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T3 $213 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, T4 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Las letras dentro de las barras representan el nivel de significancia de las medias (medias con misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$). Líneas en la parte superior de las barras representan el error estándar

CONCLUSIÓN

Las concentraciones de 126 y 213 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de N-NO_3^- en solución nutritiva favorecen de forma similar a la mayor concentración de nitrato en savia de tallo floral, por lo que no es necesario usar altas concentraciones de nutrientes, como lo acostumbran algunos productores para obtener los estándares de calidad. Por lo tanto con el uso de manera precisa los ionómetros Horiba se pueden tomar decisiones in situ de forma inmediata sobre el manejo de las dosis de fertilización; además usando una concentración baja de K^+ en solución nutritiva, se puede mantener niveles óptimos en concentración en savia en tallos florales y evitar así altas concentraciones de K^+ en la misma. Aunado a ello, otras variables de calidad como la longitud del tallo floral, diámetro de tallo y longitud de botón se ven favorecidas en una de las concentraciones evaluadas.

LITERATURA CITADA

- Aldana, N 1999.** Evaluación de las características morfológicas de treinta y uno variedades de rosas, Rosa sp. [Tesis de Diploma]; Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 120 p.
- Alcántar, G., Sandoval, M., Castellanos, J., Méndez, F., Sánchez, P., Rodríguez, M.N. 2002.** Diagnostic methods to evaluate nutrient status of garlic, onion, and broccoli. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 2585-2598.
- Aphalo P.J. Jarvis P.G. 1993.** The boundary layer and the apparent responses of stomatal conductance to wind-speed and to the mole fractions of CO₂ and water-vapour in the air. *Plant, Cell & Environment* 16:771-783.
- Barceló C. J. Nicolás R. G. Sabater G. B. y Sánchez T. R. 1995.** *Fisiología vegetal*, 2a ed., Madrid: Ediciones Pirámide S.A., 662p.
- Bassirirad H. Caldwell MM. Bilbrough C. 1993.** Effects of soil temperature and nitrogen status on kinetics of NO₃⁻ uptake by roots of field-grown *Agropyron desertorum* (Fisch.Ex link) Schult. *New Phytologist* 123: 485-489.
- Bidwell R.G.S. 2002.** *Fisiología Vegetal*. AGT Editor, S.A. México (3a Reimpresión).
- Borges G.I. Chuc P. J. Escamilla B.A. Medina L.F. 2006** Cinética de la absorción de potasio por las raíces de chile habanero (*Capsicum chinense*

Jacq.) *Agrociencia*, vol. 40, núm. 4, Colegio de Postgraduados Texcoco, México

Burgueño, H., Gómez, R.J., Montoya M.I., 1999. La Fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol. 2. Culiacán, Sinaloa, México. Bursag, S.A. de C.V. pp72.

Cabrera A.R.I. Evans, R.Y. and Paul, J.L. 1995. Cyclic nitrogen uptake by greenhouse roses. *Scientia Horticulturae*, 63:57-66.

Cadahía L. H. 2005. Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa 683p.

Cárdenas-Navarro R; Adamowicz S; Gojon A; Robin P. 1999. Modelling nitrate influx in young tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) plants. *Journal of Experimental Botany* 50: 625-635.

Gil, G.F., Pszczólkowski, P. 2007. Viticultura: fundamentos para optimizar producción y calidad. Santiago: Universidad Católica de Chile, pp 535.

Glass A.D.M; Siddiqi M.Y. 1995. Nitrogen absorption by plant roots. En: Srivastava HS, Singh RP, eds. *Nitrogen nutrition in higher plants*. New Delhi, India: Associated Publishing Co., 21-56.

Gómez G.A.A. Producción y comercialización de flores mexicanas Pag.61
Revista

Glass A.D.M. 1989. Plant nutrition: an introduction to current concepts. Boston, MA, USA: Jones and Barlett.

- Gutiérrez R.P. 2002.** Caracterización y modelización del crecimiento del rosal en cultivos con arqueado de tallos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 161 pp.
- Hernandez H.C. 2011.** Respuesta de *lisianthus (eustomagradiiflormm)* cv. Echo Blue a diferentes dosis de nitrógeno, calcio y magnesio. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Hidalgo, J.C., Frutos, I., Nieto, J., Cadahía, C., Vega, C., Pastor, M. 2006.** Fertilización potásica en olivar de regadío de la variedad Picual. Influencia sobre el contenido de potasio en hoja, savia y frutos. *Fruticultura Profesional*, 161, 107-111.
- Kool M.T.N. 1996.** System development of glasshouse roses. Dissertation. Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 143 pp.
- Kuzyakov Y. 2013.** Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. *New Phytol* ResearchGate
- Le Bot J; Adamowicz S; Robin P. 1998.** Modelling plant nutrition of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae* 74:47-82.
- Mackown, C., Weik, J.C. 2004.** Comparison of laboratory and quick-test methods for forage nitrate. *Crop Science*, 44, 218-226.
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 889 p.
- Miller A.J. Cramer M.D. 2004.** Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant&Soil* 274:1–36.
- Moreno V. Prieto, M.H., Moñino, M J. Labrador, J. García, M.I. 2003.** Evaluación de métodos rápidos de análisis de nitrógeno y potasio en savia para seguimiento del estado nutricional de un cultivo de pimentón, *Actas de Horticultura N° 39 · X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*, Pontevedra, España.

- Raviv M; Lieth JH. 2008.** *Soilless Culture: Theory and Practice*, eds.: Michael Raviv and J.H. Lieth. Elsevier Publisher.
- Retamales J.B. 2015.** Fisiología y manejo de la nutrición de boro, potasio y calcio en pomáceas Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Chile.
- Roca D. F. 2009** Absorción de nitrato en cultivo sin suelo. Estudio de las implicaciones agronómicas y fisiológicas como base para optimizar el manejo de la fertilización. Aplicación a un cultivo de rosas. Tesis Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia.
- ROMERO-ARANDA, R.; SORIA, T.; CUARTERO, J. 2001.** Tomato plant-water uptake and plant-water relationships undersaline growth conditions. *Plant Science*. 160: 265-272.
- SAGARPA. 2015** Floricultores mexicanos preparados para abastecer demanda de flores. Comunicado de Prensa Sólo Informativo.
- Sánchez G. P. 2013.** El manual de manejo integral de la nutrición de fresa. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas
- Villeneuve, S. Coulombe, J. Belec, C. Tremblay, N.A. 2002** Comparison of sapnitrate test and chlorophyll meter for nitrogen status diagnosis in broccoli (*Brassica oleracea* L. spp. *italica*). *Acta Horticulturae*,
- Vélez C.N.A. Martíne N.V. García C.Y.A. Magni S. L. Flóre R.V.J. 2011** Consideraciones sobre nutrición mineral en flores de corte con énfasis en el cultivo de rosa. ResearchGate