

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto del Balance de K-Ca-Mg en el Crecimiento, Tamaño de Brácteas y el Contenido Relativo de Clorofila en Plantas de Nochebuena Cultivar "Prestige Red"

Por:

MARÍA GUADALUPE AGUILAR HUERTA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto del Balance de K-Ca-Mg en el Crecimiento, Tamaño de Brácteas y el
Contenido Relativo de Clorofila en Plantas de Nochebuena Cultivar "Prestige
Red"

Por:

MARÍA GUADALUPE AGUILAR HUERTA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor Principal

Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor

Dra. Rosalinda Mendoza Villareal
Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 2018



AGRADECIMIENTOS

Con sincero amor y respeto doy gracias a:

Dios: en tus manos pongo humildemente este trabajo que te ofrezco en muestra de mi agradecimiento por los beneficios que he recibido en tu nombre, por tu amor y bondad, por estar conmigo en cada instante, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de conocimientos, experiencias y sobre todo llena de felicidad, hoy que finaliza esta etapa tan importante en mi vida no me queda más que agradecerte, porque puedo decir que, gracias a ti esta meta ha sido cumplida.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: mi Alma Mater como no darte las gracias si me diste la oportunidad y el privilegio de pertenecer a tu familia y ser orgullosamente un “**BUITRE**” más, formado profesionalmente en tan noble institución, es un honor para mí portar tu emblema.

Mis padres: Muy particularmente agradezco al Sr. Luis Aguilar y a la Sra. Elena Huerta por dedicar toda su vida a darme lo mejor de ellos, gracias por la confianza que depositaron en mí desde el momento que tuve que partir de su lado en busca de mi superación personal, gracias por su amor, por sus consejos y valores transmitidos, por enseñarme como ir por el camino de la vida, por su dedicación y paciencia, gracias por creer en mí y en mis expectativas, ustedes son el tesoro más grande que dios me ha dado, mi mayor motivación para cada día salir adelante en busca de mis sueños, con nada puedo pagarles

el sacrificio que han hecho por verme triunfar. Mis queridos viejitos los amo con todo mi corazón, este logro no sólo es mío sino también de ustedes.

Mis hermanos: (Juana, Nemesio, Luis, Elena, Dimas, Ana, Lorenzo, Felipe y Jesús) a cada uno de ustedes agradezco enormemente por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar, por sus sinceras muestras de apoyo y cariño, gracias por preocuparse de bienestar, por tener sus esperanzas puestas en mí, por sentirse orgullosos de todos y cada uno mis logros, y por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado. Naye podría mencionarte en el apartado donde agradezco a mis amigos, pero no, tú ocupas el mismo lugar de mis hermanos porque además de ser mi mejor amiga te has convertido en parte de mi familia por el simple hecho de compartir y vivir siempre juntas en las buenas y en las malas, gracias por todo.

Dr. Armando Hernández: a usted que, además de ser mi asesor principal se convirtió en un gran amigo, no sé cómo agradecerle su apoyo en la realización de esta investigación, principalmente en los momentos más difíciles del proyecto, por nunca escatimar esfuerzo y tiempo para corregir y mejorar mi trabajo, por sus valiosos conocimientos y por estar siempre pendiente en todo momento. Pero sobre todo porque me demostró en el trayecto de esta tarea que parecía no tener fin, que es una gran persona y excelente ser humano.

Dr. Luis Alonso Valdez: por su colaboración en este proyecto, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

Dra. Juanita García, Juanita Cepeda, Ing. Ricardo Vaquera, M.C. Guillermo Galván, Dr. Jesús Valenzuela, Dr. José Antonio González, Ing. Víctor

Villanueva, Ing. Gerardo Rodríguez (Galindo), Dr. Víctor Reyes, Dr. Leobardo Bañuelos, Valentín Robledo, Por sus muestras de apoyo en el transcurso de mi carrera.

Docentes: en forma general agradezco a todos, su paciencia, dedicación y conocimientos transmitidos que forjaron mi aprendizaje y formación para enfrentarme al mundo laboral.

Amigos: (Santi Armenta, Jesús (Chino), Vali, Grimas, Manuel Arredondo, Avi, Rafa (Jumex), Carlos Mtz., Rafilla Mtz., Martín Mtz., Hernán, Alvarito, Luisito, Richi Baeza, Luis Fernández (paisano), Luis Camarillo, Juan de Dios, Oscar (paisano), Gamaliel, Rodrí Jiménez, Quique (compi), Gurrola, Jessy (la joven), Noé, Campe, Caltzonzin, Bertha, James, Edwin, Norbín, Gera, Trejo, Eliseo (Polvorín), Leo, ERASMUS), quienes me acompañaron durante mi carrera o en gran parte de ella, gracias por darme la confianza y enseñarme el valor de la amistad, por cada experiencia vivida, por cada locura compartida y por los buenos y malos momentos que tuvimos que pasar en esta trayectoria pero al final logramos nuestros objetivos.

DEDICATORIAS

Para los dos hermosos seres que viven en mi corazón y que han sido los pilares que fundamentan mi vida, para ustedes papás con todo mi amor les dedico mi esfuerzo y mi trabajo, reconociendo todos sus sacrificios para que yo pudiera llegar hasta donde estoy, basta con solo ver sus canas y sus manos para darme cuenta del desgaste que han sufrido en el afán de verme realizada, de formarme en una persona de bien, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver el alcance de una meta más, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, me hizo llegar hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza, porque los amo; ni mis palabras ni esta dedicatoria bastan para compensar su apoyo incondicional, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, espero no defraudarlos y contar siempre con su apoyo, único, sincero e incondicional.

Felipin (hermanito) también a ti te dedico mi esfuerzo y empeño puesto en esta tesis porque junto con mis padres eres mi mayor motivación para cumplir mis sueños, y uno más de mis sueños eres tú, tu que eres el ángel que da alegría a mi vida, aunque ahora estés pasando por una situación complicada y eso me llene de gran tristeza, deseo que al presentar este trabajo pueda conseguir todo lo necesario para apoyarte como lo necesitas.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	IV
LISTA DE CUADROS	VII
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	2
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen e Historia	4
Clasificación Taxonómica.....	6
Descripción Botánica.....	7
Importancia Económica y Cultural	8
Problemática en la Producción de Nochebuena.....	9
Factores Ambientales que Afectan la Producción de Nochebuena	11
Luz.....	11
Temperatura	12
Humedad relativa	12
Nutrición Mineral	13
Calcio (Ca).....	13
Potasio (K).....	14
Magnesio (Mg).....	15
Balances entre K, Ca y Mg.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Ubicación del Experimento	17
Material Vegetativo	17
Trasplante	17
Tratamientos.....	18
Diseño Experimental	19

Manejo del Cultivo	19
Riego y nutrición	19
Podas	19
Manejo del fotoperiodo	20
Manejo de plagas y enfermedades	20
Cosecha	21
Variables a Evaluar	22
Altura de planta.	22
Diámetro de tallo.	22
Volumen de raíz.	22
Longitud de la raíz.	22
Diámetro de las brácteas.	22
Índice de contenido relativo de clorofila.	22
Análisis Estadístico	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
CONCLUSIÓN	30
LITERATURA CITADA	31

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.- Tratamientos evaluados en plantas de nochebuena cv. Prestige Red. ...	18
Cuadro 2.- Insecticidas y fungicidas usados para el control y prevención de las plagas y enfermedades.....	21
Cuadro 3.- Efecto del balance de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el crecimiento de las plantas de nochebuena cultivar Prestige Red.	27
Cuadro 4.- Efecto del balance de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el índice de contenido relativo de clorofila (ICRC) y la proporción de producción de biomasa de nochebuena cultivar Prestige Red.	29

RESUMEN

La presente investigación se realizó la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Con el objetivo de evaluar el efecto del balance K-Ca-Mg en la solución nutritiva sobre el crecimiento y calidad de flor en plantas de nochebuena cultivar "Prestige Red". Se utilizaron 10 balances de K-Ca-Mg como tratamientos. El diseño utilizado fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por cada tratamiento y cada repetición con dos plantas. La altura de las plantas fue mayor con un 8.3% cuando las plantas fueron nutridas con una solución que contenía 3.0-10.4-6.6 meq L⁻¹. El diámetro de tallo fue mayor con los balances 5.6-10.7-5.7 meq L⁻¹ y 11.0-7.0-2.0 meq L⁻¹. El volumen de raíz se incrementó hasta 40%, la longitud de raíz fue mayor con los balances de 7.0-9.0-4.0 meq L⁻¹ y 5.6-10.7-5.7 meq L⁻¹. El diámetro de la bráctea fue superior con 3.5% con el balance de 8.5-9.5-2.0 meq L⁻¹. El índice relativo de clorofila y la relación parte aérea/raíz fueron mayores con 16% y 24% respectivamente en comparación con los demás balances que registraron menor valor, mientras que la relación brácteas/raíz los mejores resultados fueron con los balances de 11.0-7.0-2.0 meq L⁻¹ y 11.0-5.0-4.0 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg con un valor promedio 54%. Estos resultados sugieren que las diferentes variables evaluadas responden a diferentes balances, sin embargo, desde el punto de vista de calidad de bráctea (diámetro de bráctea) el mejor balance fue el de 8.5-9.5-2.0 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg.

Palabras Clave: *Euphorbia pulcherrima*, toxicidad, deficiencia, antagonismo, cultivo sin suelo

INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) es una especie ornamental como símbolo floral de la Navidad, ha incrementado de manera exponencial su producción, alcanzando un promedio de 17.5 millones de plantas comercializadas al año, a pesar de ser producida en gran parte de forma tradicional, debido a la falta de información nutrimental para el cultivo (Galindo *et al.* 2012 y Castillo, 2015). La nutrición mineral es uno de los factores limitantes del crecimiento, desarrollo y calidad de las plantas cultivadas, entre los nutrientes minerales que son requeridos en grandes cantidades por las plantas están el N, P, K, Ca, Mg y S. El K afecta particularmente la forma, tamaño, color y calidad de la planta (Sela, 2018), juega un papel muy importante en el metabolismo por su presencia en la síntesis de los aminoácidos y proteínas que las células elaboran a partir del amonio, interviene en la división celular, influye en los procesos de absorción de Ca, N y Na, otorga vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas (Moreno, 2007 y FAO, 2018). La deficiencia de potasio puede causar anomalías en la planta, generalmente relacionadas con el crecimiento. El Ca es un nutrimento esencial para las plantas está directamente implicado como regulador de crecimiento y desarrollo estructural, interviene en la regulación estomática, promueve la división y expansión celular y una serie de procesos metabólicos y fisiológicos (Sela, 2018). Al presentarse deficiencias de calcio el crecimiento de las hojas disminuye, los entrenudos se hacen más cortos, los tallos se debilitan, se genera necrosis en las brácteas, presentan mayor susceptibilidad al ataque de patógenos (Stromme *et al.*, 1994; Yañes, 2002; Ayala *et al.*, 2008; Galindo *et al.*, 2015). El Mg participa directamente en el proceso de la fotosíntesis, siendo un componente básico de la clorofila (Guo, 2014). Existen diversos factores que afectan la disponibilidad y absorción de este elemento, tales como pH ácido, bajas temperaturas, falta de agua y altos niveles de potasio y calcio. La deficiencia de magnesio, al igual que cualquier otra deficiencia, conduce a una

reducción en el rendimiento así mismo conduce a una mayor susceptibilidad de la planta a enfermedades.

Justificación

En base a la información obtenida se tiene poco conocimiento sobre la respuesta de la planta de nochebuena al balance de cationes (K, Ca y Mg), por lo que se hace necesario evaluar y determinar dicho efecto.

Objetivo General

Evaluar el efecto del balance K-Ca-Mg en la solución nutritiva sobre el crecimiento y calidad de flor en plantas de nochebuena cultivar “Prestige Red”.

Objetivos Específicos

- Determinar un balance óptimo de K, Ca y Mg en la altura y crecimiento radicular de las plantas de nochebuena cultivar “Prestige Red”.
- Obtener el mejor balance K, Ca y Mg en el tamaño de las brácteas de la planta de nochebuena cultivar “Prestige Red”.
- Determinar el efecto del balance de K, Ca y Mg en el contenido relativo de clorofila de las plantas de nochebuena cultivar “Prestige Red”.
- Evaluar el balance de K, Ca y Mg sobre la relación de crecimiento parte aérea/raíz y crecimiento de brácteas/raíz en las plantas de nochebuena cultivar “Prestige Red”.

Hipótesis

Al menos uno de los diferentes balances de K, Ca y Mg afectará de manera positiva la altura, crecimiento radicular y el tamaño de brácteas de las plantas de nochebuena cultivar "Prestige Red".

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e Historia

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch*), es una planta de ornato originaria de México, comprendiendo su centro de origen en la región que va desde el norte del Estado de Morelos hasta Taxco, Guerrero (Trejo *et al.*, 2012). Es utilizada particularmente para embellecer las fiestas navideñas (Colinas *et al.*, 2006). Se dice que fue cultivada por los pueblos prehispánicos en las regiones tropicales del país, los tlahuicas la utilizaban como planta medicinal conocida como tlazochitl que quiere decir “flor que se marchita” ya que perdía su frescura al poco tiempo de ser cortada. Por otro lado, los mexicas la llamaban cuetlaxochitl, “flor que resiste como el cuero”, hacían uso de ella en sus rituales y sacrificios que ofrecían a Tonantzin, la Diosa de la tierra, porque para ellos el color rojo era símbolo de vida, incluso la utilizaban para teñir algunos materiales como cuero y algodón. Los aztecas la consideraban como símbolo de pureza (McGinty, 1980) y la asociaban con la resurrección de los guerreros que habían muerto en la batalla y la ofrendaban al sol para renovar sus fuerzas (2000Agro, 2017). Extraían un tinte color púrpura de sus brácteas para el uso de productos textiles y cosméticos. El latex lechoso de color blanco lo usaban como remedio para el tratamiento contra las fiebres (Saldaña, 1992). La coloración intensa de brácteas, embellece y marca el inicio de las fiestas de fin de año que se propiciaron con la llegada de los españoles, quienes la bautizaron con el nombre de “Nochebuena” porque florece en el mes de diciembre, fue entonces cuando un Fray franciscano de nombre Bernardino de Sahagún fundador del convento de Xochimilco utilizó a la *Euphorbia pulcherrima* como ornamento en las primeras pastorelas, pasando de ser un simbolismo de sangre y sacrificios a convertirse en un símbolo de Navidad no solo en México sino alrededor del mundo.

Joel Roberts Poinsett, embajador de Estados Unidos de 1825-1830 tras realizar una excursión por Taxco, Guerrero, junto con 3 miembros de la Sociedad Histórica de Pensilvania: William Maclure, Thomas Say y William H. Keating, colectó algunos ejemplares de esta planta, mismos que el año 1825 fueron enviados a su país natal para cultivarla en el Jardín Botánico de Bartram (Fry, 1994; Vilarnau, 1969; Ronaldson, 1828; Say, 1828). De este modo en 1827 la patentó y la envió posteriormente a diversas partes de Europa con el nombre correspondiente a su apellido, siendo esta la razón por la que se le conoce como “poinsettia” en Europa y Estados Unidos. Lamentablemente hoy en día no hay plantas vivas ni ejemplares de las nochebuenas que envió Poinsett en ninguna colección del Jardín Botánico de Bartram o en el Real Jardín Botánico de Edimburgo ya que han sido modificadas o mejoradas genéticamente dando lugar a más de 300 variedades con diferente coloración de brácteas y hojas, ramificación y tiempo para su floración (Trejo *et al.*, 2015; Ecke, 2011; Taylor *et al.*, 2011; Ecke *et al.*, 1990; Fry, 1994; Graham, 1836).

Los botánicos le dieron el nombre de *Euphorbia Pulcherrima*, que significa “la más bella”. En otros países es conocida como “Pastora”, “Papagayo”, “Flor de Pascua”, “Pascuero”, “Flor del Inca” y “Estrella Federal” (Vilarnau, 1969). En las regiones de México se le adoptan diferentes nombres entre los que están Bandera (Durango), Santa Catalina (Oaxaca), Flor de Pascua (Chiapas, Guerrero y Michoacán) y Bebeta (Veracruz) Martínez (1979), por mencionar algunos.

En la actualidad se puede encontrar a la Poinsettia viviendo en forma silvestre en los estados de Chiapas, Oaxaca, Nayarit, Colima, Sinaloa, Michoacán y Guerrero (Saldaña, 1992). A pesar de que México es el centro de origen de esta planta, su producción depende de las variedades generadas en otros países por lo que el pago de regalías se hace presente por el uso de los nuevos genotipos, incluido en el precio de venta del esqueje que corresponde un 10% del costo de éste (Rodríguez *et al.*, 2017). No obstante, es la planta ornamental de mayor demanda en la época invernal,

se considera la flor de la amistad en algunos países, como España (Ecke, 2011, Taylor *et al.*, 2011). Las ventas de las plantas inician aproximadamente el 20 de noviembre y terminan el 12 de diciembre, a partir del 13 disminuye un porcentaje considerable y el 24 prácticamente se agota. Los costos oscilan desde los 30 hasta los 200 pesos dependiendo del tamaño de la planta, el color y el punto de venta.

Clasificación Taxonómica

De acuerdo con Martínez (1995), la planta de Nochebuena se describe bajo la siguiente clasificación:

Reino: Vegetal o Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpigiales

Familia: Euphorbiaceae

Subfamilia: Euphorbioideae

Tribu: *Euphorbieae*

Género: *Euphorbia*

Especie: *pulcherrima*

Nombre científico: *Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch*

Nombre común: Nochebuena, Flor de Pascua, Pascuero, Estrella Federal, Poinsettia.

Descripción Botánica

Las plantas del género Euphorbiaceae se caracterizan por tener una flor femenina, sin pétalos y usualmente sin sépalos, rodeada por flores masculinas, todo en una estructura en forma de copa llamada “ciata” hermafrodita; también pueden tener ciatos femeninos y masculinos (Galindo *et al.*, 2015; SINAREFI, 2015; Ecke *et al.*, 2004; Steinmann, 2002; Recanses y Flores, 1983). Asimismo, Galindo *et al.* (2015) y Canul-Ku *et al.* (2010) señalan que la *E. pulcherrima* es un arbusto caducifolio que puede alcanzar hasta 6 m de altura contiene una especie de látex lechoso, sus hojas son simples y alternas, lámina elíptica ovalada de 6 a 25 cm de largo, el fruto subgloboso, trilocular dehiscente, los peciolos pueden ser de coloración roja, verde, o bien de los dos colores en el haz y el envés. Además, un grupo de hojas modificadas llamadas brácteas pueden ser de diferentes tamaños, llegar a medir hasta 40 cm, diferentes formas, coloración en distintas tonalidades o combinaciones de colores (Galindo *et al.*, 2015). La coloración se adquiere debido al cambio que se produce en ella en función del fotoperiodo en un proceso llamado fototropismo, es decir, el cambio de color de las hojas se activa por las noches más largas del año ya que requieren 12 horas. de oscuridad mínimo por cinco días consecutivos, al mismo tiempo, la planta demanda abundante luz solar durante el día para proporcionar los colores más brillantes (Oreomunnea, 2015). Esta es la razón por la que las brácteas se confunden con pétalos llevando a la creencia de que éstas son la flor de la planta. Sus flores se agrupan en pequeñas inflorescencias centrales de color amarillo constituidas por un estambre y un ovario estipitado y saliente en forma de copa, denominado como ciato o ciata, situadas por encima de las brácteas, conteniendo un nectario que funciona como atrayente de insectos polinizadores facilitando la fecundación cruzada entre distintas plantas (Larson, 1994). Además, Galindo *et al.*, 2015 mencionan que existen variedades que no desarrollan este tipo de ciata por el contrario generan pequeñas brácteas conocidas como bractéolas y que dependiendo de la variedad pueden o no presentar lóbulos, caso específico las variedades que desarrollan semillas no los presentan y las que no desarrollan semillas sí.

El tallo contiene una estructura primaria bien definida, pero generar una estructura con tallos secundarios o terciarios dependerá del manejo de podas que se le realice, con entrenudos alargados, forma cilíndrica, de consistencia semileñosa en su etapa juvenil y leñosa en edad adulta. En función del fotoperiodo pueden llegar a producir ramificaciones politómicas (muchas ramas) debido a que tiende a ramificarse fácilmente por la influencia del manejo a base de podas y despuntes (Hernández, 2008).

Importancia Económica y Cultural

Esta especie ornamental se ha convertido en un emblema de temporada con gran valor económico y cultural en el mundo, como símbolo floral de la Navidad. Gracias a la alta demanda que se tiene en la actualidad en épocas decembrinas, se coloca en una de las especies con mayor importancia económica en el ramo ornamental que se cultiva bajo condiciones protegidas, constituye además una fuente de trabajo ya que requiere gran cantidad de mano de obra en la etapa productiva tanto para producción de plantas madre y esqueje como para la producción de planta de flor en maceta. Su importancia se destaca por ser una actividad altamente rentable en el área de producción del sector ornamental en México, debido a que genera importantes ganancias para el sustento de las familias productoras, por su alto valor económico y demanda nacional (Galindo *et al.*, 2016).

En los últimos 10 años se ha incrementado la producción de flor de nochebuena de manera exponencial, se estima que en el pasado 2017 en México fueron sembradas más de 25 millones de diferentes variedades y tamaños, dando como resultado un incremento de 20 a 30 millones de plantas (Inforural, 2018). En el año 2012 se reporta la actividad económica de esta especie generando más de 3,000 empleos en forma directa dando como resultado la venta de 20 millones de plantas, el estado de Morelos fue el de mayor producción de estas plantas con un 41% de la producción total a nivel

nacional (SAGARPA, 2012). La comercialización en México fue 17.5 millones de plantas de nochebuena, con un valor de 522.7 millones de pesos y su cultivo genera alrededor de 10 mil empleos directos e indirectos (SIAP, 2016). Pero, en Estados Unidos de América las ventas de estas plantas superan los 100 millones de dólares (Trejo *et al.*, 2015).

El Estado de México, después de haberse posicionado anteriormente en el primer lugar de la producción de nochebuena disminuyó al ofertar alrededor de 800 mil plantas, Castillo (2015), en comparación de las principales entidades productoras en la actualidad ocupando el primer lugar el Estado de Morelos con un volumen de 6.6 millones de plantas, seguido de Michoacán con 4 millones; Ciudad de México 3.1 millones; Puebla 1.4 millones y Jalisco con 1.3 millones de plantas (SAGARPA, 2017).

Es una pena que el Estado Guerrero no sea un gran productor de nochebuena a pesar de ser la cuna de esta planta, por no presentar las condiciones climáticas requeridas para la producción comercial de las variedades actualmente desarrolladas. La producción de estas plantas en México se basa en más de 60 variedades comerciales que han sido generadas en otros países (Rodríguez *et al.*, 2016). El color, la forma y el tamaño de las brácteas son características en las que radica la atracción estética y su valor comercial (Canul-Ku *et al.*, 2017). El color rojo es la de mayor preferencia alcanzando hasta un 90% (López *et al.*, 2010), el resto que corresponde al 10% se divide en variedades de otros colores como color rosa, amarillo y combinación de colores.

Problemática en la Producción de Nochebuena

La problemática en la producción de la planta de nochebuena radica en la falta de información técnica del cultivo, particularmente en nutrición donde los productores desconocen las necesidades y requerimientos esenciales para obtener plantas de

buena calidad y explotar todo su potencial productivo (Galindo *et al.*, 2012). Por su parte Castillo (2015) menciona que el lamentable retroceso en la producción de Flor de nochebuena en la capital del país se debe a la falta de asistencia a los productores, ya que se han quedado en una producción bastante tradicional. Además, se ve afectada por la calidad de agua que contiene gran cantidad de plomo, esto retrasa el crecimiento de la planta por lo tanto se tiene que compensar con mayor fertilización y uso de agroquímicos encareciendo de este modo los costos de producción. Existen viveros que ofertan esquejes en previo convenio con empresas mejoradoras, y por lo regular, las variedades que ofrecen no traen consigo alguna especificación de manejo agronómico, requerimientos ambientales y nutricionales, sustratos y de control de enfermedades. Esta condicionante no permite alcanzar la calidad de la planta terminada ya sea porque le falta pigmentación en las brácteas o por la elongación de la planta y por lo tanto una vida de anaquel más corta lo que provoca grandes pérdidas económicas, razón por la cual el productor se desalienta a seguir con la producción (Canul-Ku *et al.*, 2015).

Otro inconveniente es que no existe un programa adecuado para fertilizar y aportar de manera adecuada los macronutrientes que requiere la planta en cada etapa fenológica; si existiera dicho programa se podría lograr el máximo crecimiento de la especie y aumentar la calidad de la misma, reducir costos en fertilizantes, y además contribuir en la sustentabilidad del agua y suelo (Galindo *et al.*, 2015). Asimismo, Quezada y Bertsch (2013), indican que la disponibilidad de agua es el factor más relevante en la nutrición que tiene como función suministrar los nutrimentos esenciales en cantidad y momento necesarios para explotar al máximo el potencial del cultivo. Por otro lado, un exceso en el uso de fertilizantes provoca pérdidas económicas, deteriora el medio ambiente y disminuye la calidad y la productividad de las especies, por lo que Azofeita y Moreira (2005), y Bugarín *et al.* (2011), consideran que se debe hacer un uso racional de los insumos agrícolas. Finalmente, Márquez-Márquez *et al.* (2017), mencionan que otro de los problemas principales es la dependencia varietal que se ocasiona por la importación de variedades extranjeras, ya que el productor cultiva el material vegetativo que ofertan las empresas. La introducción del material mejorado

carece de evaluaciones previas, por lo que la planta puede adelantar o retrasar la pigmentación de sus brácteas (Canul-Ku *et al.*, 2018). En la compra del material vegetativo se incluye el pago de regalías (Vargas-Araujo *et al.*, 2017), esto lógicamente incrementa los costos de producción.

Factores Ambientales que Afectan la Producción de Nochebuena

En cada proceso fisiológico de la nochebuena existen factores que intervienen y que requieren su presencia para el buen desarrollo de las plantas, ya que estos determinan la actividad y duración del proceso. La planta de nochebuena, se considera sensible a los cambios bruscos del clima, ya que, los factores de este afectan marcadamente su desarrollo e incluso pueden causarle la muerte (SAGARPA,2010).

Luz

Afecta directamente a la fotosíntesis, a la morfogénesis y al fotoperiodo los cuales son procesos fundamentales para el desarrollo y floración de la Nochebuena. La intensidad lumínica que se recomienda para las zonas templadas es de 5,500 pies candela y en zonas calientes 4,500, manteniéndose así hasta tres semanas antes de que la planta sea puesta en venta, en dicho periodo se debe bajar a 4000 y 3000 y para las dos últimas semanas la intensidad recomendada es de 2000 a 2500, aunque se dice que, en México, casi nadie lo hace (Espinoza, Mejía y Rodríguez, 2005).

El sistema fotosintético se ve afectado por una alta intensidad lumínica, la cual causa amarillamiento en las plantas dando lugar a presentar brácteas descoloridas y pequeñas, poco crecimiento y dureza de los tallos, puede a su vez provocar mayor incidencia de plagas; a diferencia con una baja intensidad lumínica en días nublados se obtendrán hojas más grandes de color verde más oscuro, alargamiento de los tallos, retraso de la floración y palidez de la misma, por consiguiente se desarrollará una planta débil (Vázquez y Salome, 2004).

Temperatura

Influye directamente en el crecimiento y desarrollo de la planta, específicamente en la altura y el tamaño de hojas y brácteas. Las temperaturas por debajo de 10°C y por encima de 35°C afectan el desarrollo de la planta (Ecke *et al.*, 2004). Por lo que se recomienda mantener la temperatura en un rango entre 18 y 32°C en la etapa vegetativa y de 16 a 30°C en la etapa de floración. Las plantas de nochebuena tienden a alargarse más en climas cálidos que en climas fríos, por lo que Galindo *et.al.* (2015), sugiere la aplicación de reguladores de crecimiento para controlar la altura de plantas durante su desarrollo vegetativo. Las temperaturas altas (40°C), retrasan la floración y disminuye la calidad; Las temperaturas bajas (11°C), retrasan el crecimiento. En cuanto a la relación entre las temperaturas del día y de la noche se le conoce como DIF (Ecke *et al.*, 2004; Buechel, 2017). La DIF se puede determinar con la resta de la temperatura diurna con la nocturna, presenta un efecto importante en el crecimiento de los tallos por ejemplo si resulta una DIF negativa, se tendrán plantas con los entrenudos más cortos, y, si se presentan días fríos y noches calientes, la elongación de los tallos será más lenta. Caso contrario con una DIF positiva presentará la elongación de entrenudos que se acelerará en días cálidos y noches frías, por lo que las dos DIF repercuten en el crecimiento de las plantas (Buechel, 2017).

Humedad relativa

No presenta algún efecto directamente en el crecimiento de estas plantas, pero sí de forma indirecta al disminuir la evapotranspiración con niveles altos de humedad relativa, genera un ambiente ideal para el desarrollo de enfermedades como hongos (*Botrytis cinerea* y oidios) y bacterias (*Erwinia spp.*). Por lo cual se debe de mantener la humedad por debajo de 75% y en caso de que se presente un clima lluvioso lo ideal es generar una buena circulación de aire y establecer un buen espaciamiento entre plantas (Ecke *et al.*, 2004; Espinosa *et al.*, 2005). Con una humedad relativa baja, la planta se deshidrata más rápido y se estresa. En cambio, una humedad relativa alta

provoca problemas de deficiencia principalmente de calcio en las plantas, si se prolonga esta condición se puede compensar realizando aplicaciones foliares de este elemento.

Nutrición Mineral

La nutrición tiene como objetivo aportar los nutrimentos esenciales en la cantidad requerida y en el momento adecuado. En estudios recientes se menciona que el elemento de mayor absorción en la nochebuena de sol es el nitrógeno, seguido por potasio, calcio, fósforo y magnesio (Galindo-García *et al.*, 2015). En la etapa de desarrollo vegetativo se demanda mayor cantidad de estos nutrimentos.

Calcio (Ca)

El Ca, es un elemento estructural en la planta ya que constituye la lámina media, las paredes y membranas de la célula. Si el calcio es deficiente, los tejidos jóvenes como: las puntas de las raíces, las hojas y las puntas de los brotes por lo general presentan un crecimiento distorsionado debido a la malformación de la pared celular. El Ca es un nutrimento básico para el crecimiento de las plantas debido a que participa en la división y expansión celular (White *et al.*, 2000). Además, el Ca está directamente involucrado en los mecanismos de regulación que permiten que la planta pueda realizar ajustes bajo condiciones de estrés por altas o bajas temperaturas y estrés osmótico causado por sequía y salinidad (Liang *et al.*, 2009). A diferencia de la mayoría de los elementos, el Ca es absorbido y transportado por un mecanismo pasivo y no requiere energía, pues la transpiración de las plantas está directamente relacionada en el transporte de este elemento (Piedraita, 2012).

La absorción del calcio, dependiendo de su concentración en la solución nutritiva, se puede disminuir a causa del antagonismo que presenta con el potasio, magnesio y amonio, esto es que dichos cationes pueden competir con el calcio en la absorción por la raíz. Para evitar la competencia no se deben suministrar en exceso, únicamente lo que requiere la planta; no obstante, la absorción de calcio se estimula por el nitrato (Jones *et al.*, 1991; Villegas *et al.*, 2005; Sellés, 2012). Las deficiencias o desbalances de calcio en la planta de nochebuena los primeros síntomas aparecen en los ápices de crecimiento, disminución en el crecimiento de las hojas, entrenudos cortos, tallos débiles, genera necrosis en las brácteas, rizado de hojas nuevas, crecimiento curvado, plantas pequeñas y presentan susceptibilidad al ataque de patógenos, así como las pudriciones, estos es muy común cuando se excede en la aplicación de nitrógeno, o bien cuando hay mucha humedad o carencia de ella en días nublados y vientos fuertes (Stromme *et al.*, 1994; Yañes, 2002; Ayala *et al.*, 2008; Galindo *et al.*, 2015). Asimismo, el Ca también se encarga de controlar el equilibrio iónico y la osmoregulación. La mayor proporción de Ca^{2+} se almacena en los vacuolos lo cual contribuye al balance entre cationes y aniones orgánicos e inorgánicos de la célula (Kordyum, 2003; Griffiths y Parry, 2002).

Potasio (K)

El K es un nutriente esencial que afecta a la mayoría de los procesos bioquímicos y fisiológicos, mismos que influyen en el crecimiento y en el metabolismo de las plantas (Wang *et al.*, 2013). En general la nochebuena requiere altos niveles de K e incluso más que el nitrógeno en la etapa de desarrollo de brácteas y ciatos, siendo éste el nutriente de mayor importancia cuantitativa y cualitativa en la producción vegetal. Las plantas absorben el potasio en su forma iónica, K^+ . Sus funciones se encuentran directamente implicadas en la regulación del potencial osmótico de las células vegetales, en enzimas implicadas en la respiración y fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2006), regulando la apertura y cierre de los estomas, y por lo tanto regula la absorción de CO_2 . Además, desencadena la activación de enzimas siendo esencial para la

producción de adenosina trifosfato (ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos que tienen lugar en las células de la planta. Toma parte importante en la regulación del agua en las plantas (osmoregulación). Un exceso de potasio bloquea la absorción de magnesio y calcio, genera entrenudos largos y hojas color verde pálido con manchas cafés sobre ellas (Moreno, 2007).

Magnesio (Mg)

El Mg es un nutriente esencial para las plantas, contiene una amplia gama de funciones particularmente en el proceso de la fotosíntesis, debido a que es un componente básico de la clorofila que da el color verde a las plantas y fundamentalmente en la fijación de CO₂ como coenzima (Guo, 2014). Además, es un elemento que influye en la actividad de las enzimas relacionadas con el metabolismo de carbohidratos. A pesar de que el magnesio es indispensable para que la planta pueda realizar sus funciones existe poca investigación sobre la importancia de este elemento en el rendimiento y calidad de los cultivos. No obstante, se cuenta con estudios que demuestran que la deficiencia de Magnesio inhibe el crecimiento de la raíz (Cakmak *et al.* 1994).

Hasta la fecha no se tiene un amplio conocimiento sobre el mecanismo por el cual la deficiencia de magnesio hace que se vea afectado el transporte de azúcares por medio del floema, sin embargo, teóricamente hablando se relaciona con las bajas concentraciones de complejo Mg-ATP, ya que si bien es cierto se requiere dicho complejo para optimizar la función de la enzima que provee energía para llevar a cabo los procesos de carga del floema manteniendo el transporte de los azúcares entre las células del floema (Yazici y Cakmak, 2010)

Existen diversos factores que afectan la disponibilidad y absorción de este elemento, tales como pH demasiado ácido, bajas temperaturas, falta de agua y altos

niveles de potasio y calcio. La deficiencia de magnesio, al igual que cualquier otra deficiencia, conduce a una reducción en el rendimiento así mismo, conduce a una mayor susceptibilidad de la planta a enfermedades. Su deficiencia es característica en la planta de nochebuena, presenta una clorosis intervenal en las hojas jóvenes, mostrando los primeros síntomas con palidez hasta provocar amarillamiento, algunas plantas se tornan de color rojizo a púrpura en las puntas y bordes de las hojas, se vuelven quebradizas y fácilmente pueden doblarse hacia arriba, además, la falta de magnesio retarda el crecimiento de la planta (Guillermo y León, 2007; FAO, 2018), por lo que se considera un factor importante que limita la producción.

Balances entre K, Ca y Mg

Las interacciones entre los nutrientes presentan gran importancia en la nutrición de los cultivos debido a que la deficiencia de un elemento puede restringir la absorción y la utilización de los demás, por lo que en diversos estudios se ha demostrado la importancia de una nutrición balanceada (Ciampitti y García, 2007). Está de más mencionar la importancia que tiene aplicar la cantidad correcta de macro y micronutrientes a un cultivo. Si una planta no tiene disponible a cualquiera de estos elementos, lo muestra mediante unos síntomas que reconocemos como deficiencias. Sin embargo, pueden ser carencias o excesos, pero no necesariamente son producidas por la falta del elemento sino por una mala combinación con los demás nutrientes (García, 2018). Por otro lado, el egreso de nutrientes se puede estimar a partir de las concentraciones en el material cosechado y los rendimientos de los cultivos (Ciampitti y García, 2007).

Un adecuado manejo de nutrición y fertilización de cultivos permite mejorar el balance de nutrientes. Existe gran cantidad de información en cuanto se refiere a las ventajas agronómicas, económicas y ambientales de la nutrición y fertilización equilibrada misma que produce mejores rendimientos en los cultivos y mejoran la sustentabilidad de los sistemas de producción (González y Pomares, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

La presente investigación se realizó en el periodo del 18 de marzo al 07 de diciembre del año 2017, en el Departamento de Horticultura en un invernadero tipo capilla modificado (baticenital) de mediana tecnología, en el interior de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Dentro de las coordenadas 25°22'22.9" latitud Norte, 101°01'27.6" longitud Oeste, altitud 1743 msnm, precipitación anual de 460.7mm y un promedio en temperatura anual de 17 °C.

Material Vegetativo

Se utilizaron esquejes de Nochebuena, cultivar "prestige red" obtenidos del vivero Internacional S.A de C.V. en Cuautla Morelos. Esta variedad es una de las plantas de nochebuena más cultivadas en la actualidad. El cultivar presenta excelentes características como lo es la intensidad de color y tamaño de brácteas más grandes, además de ser compacta, bien ramificada con altura de planta intermedia y altamente resistente al transporte y al manejo postcosecha por lo que es más duradera (Ecke *et al.*, 2004).

Trasplante

Esta actividad se llevó a cabo con fecha 18 de marzo de 2017, utilizando esquejes de nochebuena previamente enraizados y aclimatados, mismos que a su vez fueron trasplantados en contenedores de polietileno negro con capacidad de 12 litros, el sustrato utilizado fue a partir de una mezcla de fibra de coco, perlita y peat moss a

una relación de 35-35-30 v/v respectivamente. Posteriormente se agregaron 3g de bicarbonato de sodio con el fin de regular el pH en el medio, agregando, además, cierta cantidad de agua para humedecer el sustrato hasta quedar a capacidad de contenedor, después de rellenar el contenedor se procedió a extraer el esqueje de la maceta original para ser transportado a su nuevo medio de crecimiento.

Tratamientos

La obtención de los tratamientos se logró con el balance de máximas y mínimas mediante un programa de análisis estadístico para el cálculo de K, Ca y Mg, el cual arrojó los siguientes tratamientos:

Cuadro 1.- *Tratamientos evaluados en plantas de nochebuena cv. Prestige Red.*

Tratamientos	K-Ca-Mg (meq L ⁻¹)	Suma de cationes
1	(3.0 – 10.4 – 6.6)	20
2	(6.0 – 12.0 – 2.0)	20
3	(3.0 – 12.0 – 5.0)	20
4	(7.0 – 9.0 – 4.0)	20
5	(5.7 – 7.7 – 6.6)	20
6	(5.6 – 10.7 – 5.7)	20
7	(7.1 – 8.6 – 4.4)	20
8	(11.0 – 7.0 – 2.0)	20
9	(11.0 – 5.0 – 4.0)	20
10	(8.5 – 9.5 – 2.0)	20

Diseño Experimental

El diseño utilizado que fue el de bloques completos al azar con un total de 10 tratamientos, con cuatro repeticiones y cada repetición con dos plantas, sumando un total 80 unidades experimentales debidamente ordenadas, manteniendo una separación en forma que no existiera competencia entre ellas por la cantidad de luz y movimiento de aire a fin de lograr un óptimo crecimiento de las plantas.

Manejo del Cultivo

Riego y nutrición

Al momento del trasplante se realizó un riego pesado con agua de llave y al tercer día después del trasplante, las plantas fueron irrigadas manualmente con las soluciones nutritivas correspondientes de cada tratamiento. La frecuencia de riego fue cada tercer día, aplicando 1 L de solución nutritiva en cada maceta en las primeras etapas de crecimiento y posteriormente fueron 1.5 L, asegurando un lixiviado o porcentaje de drenaje entre 25-30%, para evitar la acumulación de sales en el medio de crecimiento.

Podas

Se realizaron tres podas con la finalidad de darle forma a la planta y obtener una estructura más completa con mayor cantidad flores, ya que entre más podas se realicen más flores se obtendrán por planta. Una vez establecido nuestro experimento se llevó a cabo el despunte mediante el uso de tijeras para podar previamente desinfectadas con una solución de cloro al 10%; la primera poda se realizó el 23 de marzo de 2017 y consistió en la remoción de la parte superior del tallo principal, esto

se hace para romper la dominancia apical y promover el desarrollo de nuevos brotes laterales, para esto se dejaron seis yemas por debajo del punto de poda en cada planta. La segunda poda fue realizada el 29 de mayo del mismo año, asimismo se dejaron de dos a tres yemas en cada brote, la tercera y última poda se hizo el día 17 de julio del año 2017 dejando 1 a 2 yemas por brote, se obtuvo un total de aproximadamente 18 tallos por planta.

Manejo del fotoperiodo

Consiste en implementar noches artificiales requeridas de acuerdo a la fisiología de la planta para cambiar del estado vegetativo al estado reproductivo, ya que estas plantas inician la floración cuando la duración del día es menor de 12.5 o bien por debajo de su periodo crítico. Se instaló un plástico de polietileno color negro, calibre 600 para reducir las horas de luz del día o fotoperiodo, a partir del 15 de septiembre al 15 de noviembre del 2017, realizando actividades para cubrir con el plástico el área donde se desarrolló el cultivo en horario de 5:00pm a 8:00am consecutivamente.

Manejo de plagas y enfermedades

La incidencia de plagas y enfermedades es una situación que causa graves problemas en las plantas afectado la calidad física y provoca daños económicos. Por lo que en el experimento realizado se implementó un manejo preventivo de éstas con aplicaciones realizadas cada 15 días en forma foliar o vía drench según el caso a tratar o a prevenir; las plagas más comunes fueron mosquita blanca y araña roja, mientras que las enfermedades relacionadas con hongos que provocan pudriciones en las raíces fueron; Rhizoctonia, Phytophthora sp y Phytium.

Cuadro 2.- Insecticidas y fungicidas usados para el control y prevención de las plagas y enfermedades.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Tipo de producto	Control	Dosis
ABAMECTINA	Abamectina	Insecticida- acaricida	Araña roja	0.30 – 0.50 L/Ha
Admire 350 SC	Imidacloprid	Insecticida	Mosquita blanca	0.5 – 1L /Ha
Confidor	Imidacloprid.	Insecticida	Mosquita blanca	0.5 – 1L /Ha
Agrimy	Estreptomicina y oxitetraciclina	Bactericida	Pudrición de raíz Phytium Tizón Rhizoctonia,	600g/100L de agua
Milor	Metalaxil- Clorotalonil	Fungicida	Phythophthora sp Phytium Tizón	2-3 Kg/Ha
Botran 77 PH	Dicloran	Fungicida	Botrytis Damping off	3-4 Kg/Ha
Ridomil	Metalaxil	Fungicida	Pythium	1.5- 2.5L/Ha

Cosecha

La cosecha tuvo lugar el día 07 de diciembre del año 2017, con la realización de muestreos completamente destructivos, tomando 7 repeticiones de cada uno de los tratamientos procediendo a la toma de datos.

Variables a Evaluar

Altura de planta. La toma de datos en esta variable se procedió a medir en forma manual el tamaño de la planta, mediante el uso de un flexómetro tomando la medida desde la base de la planta hasta la parte más alta o apical.

Diámetro de tallo. Con el uso de un vernier digital se realizó la toma de medida del diámetro del tallo, lo que consistió en tomar como referencia 1 cm de separación de la base del tallo para la obtención de la lectura.

Volumen de raíz. El volumen de la raíz se determinó por desplazamiento usando una probeta graduada de 1000 ml. Anteriormente se extrajo del contenedor para luego lavarlas con el fin de eliminar los restos de sustrato adheridos, quedando únicamente la raíz libre de impurezas, misma que fue sumergida dentro de la probeta con 600 ml de agua, el volumen de la raíz se obtuvo de la diferencia entre el volumen final y el volumen inicial.

Longitud de la raíz. Para la determinación de esta variable se procedió a medir manualmente la longitud de las raíces con el uso de un flexómetro tomando la medida desde la base de la planta hasta la punta de la raíz más larga.

Diámetro de las brácteas. Se tomaron los datos manualmente con un flexómetro, tomando como referencia el promedio de 2 lecturas del tamaño de brácteas, realizadas en forma cruzada.

Índice de contenido relativo de clorofila. Para la toma de este dato fue mediante el uso de equipo portátil marca: minolta 502 (SPAD), se realizaron 2 lecturas

por repetición tomando como base de referencia del muestreo las hojas bien extendidas y sanas, situadas en la parte media de la planta.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) bajo el diseño indicado y la comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey (α 0.05) utilizando el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El balance de K, Ca y Mg en las soluciones nutritivas afectaron significativamente la altura de las plantas, diámetro de bráctea, diámetro de tallo, volumen de raíz, longitud de raíz, la relación peso seco parte aérea/raíz y la relación peso seco brácteas/raíz, así como el índice de contenido relativo de clorofila (Cuadro 3, Cuadro 4).

Se han realizado pocos estudios sobre el efecto del balance de K, Ca y Mg en las variables agronómicas de la planta de nochebuena; sin embargo, la importancia de realizar evaluaciones de entre estos nutrientes se justifica en la presente investigación, ya que los resultados indican que existe una respuesta de las plantas de nochebuena a las relaciones entre el K, Ca y Mg y que obtener resultados positivos depende de un balance adecuado.

La altura de planta fue mayor con un balance de 3.0-10.4-6.6 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg, seguido del balance 3.0-12.0-5.0 meq L⁻¹, mientras que con un balance 11.0-7.0-2.0 meq L⁻¹ disminuye la altura (Cuadro 3), estos balances donde favoreció en un aumento de la altura contienen altas concentraciones de Ca y Mg, pero bajo en K, sin embargo, la menor altura se presentó con alta concentración de K y bajo en Mg. El incremento de la altura puede ser debido a que el Ca juega un papel importante en los ápices de crecimiento, principalmente en la división celular (Tuteja y Mahajan, 2007). El 75% de Mg está involucrado en la síntesis de proteínas y un 15-20% del total se encuentra asociado con los pigmentos de clorofila en las hojas (White y Broadley, 2009), este último cumple un rol importante para la actividad fotosintética (Farhat *et al.*, 2016). La disminución de la altura puede ser debido a la alta concentración de K, pues en plantas de arroz desarrolladas a concentraciones elevadas de este nutrimento redujo significativamente la concentración de Mg en las hojas y raíces (Ding *et al.* 2006), repercutiendo en una disminución del crecimiento de las plantas. Por su parte,

Amador *et al.* (2008), señalan que un suministro elevado de Ca aumenta la altura de las plantas de lechuga. Asimismo, Villegas *et al.* (2005), sugieren que una concentración de 12 meq L⁻¹ de Ca resulta en un incremento en la altura de las plántulas de tomate híbrido en comparación de 6 y 9 meq L⁻¹, ya que a estas concentraciones de Ca registra menor altura. Además, la utilización de altas concentraciones de calcio mejora la concentración de nutrimentos de la planta (White, 2001; Villegas *et al.*, 2005), lo que influye tentativamente sobre la calidad de las plantas.

El diámetro de tallo incrementó cuando las plantas fueron nutridas con soluciones nutritivas que contenían balances de 5.6-10.7-5.7 meq L⁻¹ y 11.0-7.0-2.0 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg, pero cuando el balance fue igual a 7.1-8.6-4.3 meq L⁻¹ disminuye el diámetro del tallo (Cuadro 3). Esto sugiere que una concentración alta de Ca y un tanto equilibradas con el Mg y K o bajo en Mg y alto en K, incrementan el grosor del tallo. Sin embargo, González (2013), señala que una dosis alta de Ca no incrementa el diámetro del tallo. Pero es probable que los niveles altos de Ca se acumulen en el tallo e incrementen el diámetro y resistencia del mismo (Marschner, 2002). Entre más alta la sea concentración de Ca es mayor el diámetro del tallo de las plántulas de tomate (Nava *et al.*, 2009). Por su parte, Preciado *et al.* (2002), indican que una mayor concentración de K incrementa el diámetro del tallo de las plántulas de melón cv. Crusier. La disminución del diámetro del tallo de las plantas de nochebuena puede ser debido a una concentración entre K y Ca casi fueron iguales y bajo estas condiciones generalmente compiten entre ellos, dando como resultado una disminución de crecimiento de las plantas.

El volumen de raíz de las plantas se incrementó con el balance 7.0-9.0-4.0 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg, sin embargo, cuando los balances de estos iones fueron iguales a 5.6-10.7-5.7, 11.0-7.0-2.0, 11.0-5.0-4.0 y 8.5-9.5-2.0 meq L⁻¹ el volumen de las raíces de las plantas disminuyó (Cuadro 3). De acuerdo con Satti y López (1994), señalan que

la adición de Ca y K en forma exógena o en combinación con los demás nutrientes, produce un aumento del volumen de la raíz. Así mismo, el Ca incrementa mayor número de raíces adventicias en explantes de *Tagetes erecta* L. (Liao *et al.*, 2012). La mayor longitud de raíz se obtuvo con los balances de 7.0-9.0-4.0 meq L⁻¹ y 5.6-10.7-5.7 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg pero, con un balance 3.0-10.4-6.6 meq L⁻¹ se reduce la longitud de las raíces de las plantas (Cuadro 3). El incremento de la longitud de las raíces se puede atribuir aun balance adecuado entre K y Ca, ya que cuando se redujo al mínimo la concentración de K pudo haber provocado un desbalance de estos pues disminuyó la longitud de la raíz. Según Carmeis-Filho *et al.* (2017) indican que el incremento de la concentración de K aumenta la densidad y la longitud de las raíces de los diferentes cultivares de arroz.

El diámetro de la bráctea fue superior con el balance de 8.5-9.5-2.0 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg, seguido del balance 11.0-7.0-2.0 meq L⁻¹, mientras que con un balance igual a 3.0-12.0-5.0 meq L⁻¹ reducen el diámetro de las brácteas (Cuadro 3). Estos balances que incrementaron el diámetro de la bráctea son ligeramente altos en K y Ca ambos nutrientes son fundamentales para división celular (Ca) y expansión de la misma (K). Estos resultados concuerdan con Torres-Olivar *et al.* (2015), quienes indican que el área de bráctea fue mayor con una concentración de 7 meq L⁻¹ de Ca en comparación con la de 11 meq L⁻¹. Por otra parte, la disminución del diámetro de las brácteas puede ser debido una baja concentración de K que podría presentarse en deficiencias de este nutrimento, pues según Qi *et al.* (2018) señalan que una deficiencia de K disminuye significativamente la fotosíntesis debido a la clorosis de las hojas inducida por la acumulación de las especies reactivos de oxígeno (ROS).

Cuadro 3.- Efecto del balance de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el crecimiento de las plantas de nochebuena cultivar Prestige Red.

Tratamientos (K - Ca - Mg)	Altura de planta (cm)	Diámetro de Tallo (mm)	Volumen de raíz (ml)	Longitud de raíz (cm)	Diámetro de Bráctea (cm)
1 (3.0–10.4–6.6)	74.4a	16.9cde	106.7bc	42.5d	27.6bcd
2 (6.0–12.0–2.0)	69.4bc	18.0abc	116.7b	45.7cd	26.9cd
3 (3.0–12.0–5.0)	71.0b	18.2abc	114.2b	46.5bc	24.0e
4 (7.0–9.0–4.0)	68.7bc	18.9ab	131.4 ^a	56.1 ^a	28.6abc
5 (5.7–7.7–6.6)	69.4bc	16.5de	102.8bc	44.0cd	27.3cd
6 (5.6–10.7–5.7)	67.8bc	19.3a	95.7c	55.2 ^a	26.4d
7 (7.1–8.6–4.3)	70.1bc	16.2e	112.8b	46.5bc	27.1cd
8 (11.0–7.0–2.0)	67.2c	19.0a	84.2c	49.8b	29.2ab
9 (11.0–5.0–4.0)	68.5bc	17.7bcd	99.0c	43.2cd	27.5bcd
10 (8.5–9.5–2.0)	70.5bc	18.1abc	100.0c	47.0bc	29.4a
CV(%)	3.98	6.87	10.28	6.52	5.73
Anova P≤	0.001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

El índice contenido relativo de clorofila (ICRC) de las hojas se incrementó con el balance de 5.7-7.7-6.6 meq L⁻¹ de K, Ca y Mg, seguido del balance de 3.0-12.0-5.0 meq L⁻¹, mientras las plantas nutridas con un balance igual a 11.0-5.0-4.0 meq L⁻¹ presentan una disminución del ICRC (Cuadro 4). De acuerdo con Latsague (2014) señala que la aplicación de N, P, K aumenta el contenido de clorofila foliar en plantas de *B. corallina*, en comparación de las plantas que solo recibieron P y K. Este efecto probablemente fue debido a que el nitrógeno favorece la absorción de Mg, elemento que tiene influencia directa con la síntesis de clorofila (Gárate y Bonilla, 2000). No obstante, se requiere de la presencia de potasio en la fertilización ya que de acuerdo

con las conclusiones de Chapagain y Wiesman (2004), el potasio es requerido para la síntesis de clorofila y activador de enzimas involucradas en la síntesis de ésta.

La mayor relación parte aérea/raíz se obtuvo con el balance de 5.7-7.7-6.6 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg, seguido del 11.0-5.0-4.0 meq L⁻¹, mientras el balance 6.0-12.0-2.0 meq L⁻¹ disminuye la relación parte aérea/raíz (Cuadro 4). La producción de biomasa refleja el desarrollo de la planta. Una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, la biomasa subterránea es mayor que la aérea; si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008). Por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5. A mención de Barrios *et al.* (2014), es un tanto complicado definir relaciones exactas entre biomasa de raíces y de parte aérea, pero se acepta que debe existir un equilibrio entre las actividades de los dos sistemas, por lo que su trabajo consistió en una comparación entre la biomasa de raíces y la biomasa aérea a lo largo del desarrollo fenológico de la soja, observando el aumento la biomasa aérea al cabo de 127 días después de la siembra (dds), en cambio la biomasa de raíces en los primeros 54 dds, registró mayor peso respecto de la biomasa aérea. Asimismo, la biomasa de raíces registró el mínimo crecimiento en un estadio antes de que la biomasa aérea alcanzara su máximo peso. La relación raíz/parte aérea es un factor que depende de la distribución de los fotoasimilados producidos por la fotosíntesis, en la que el Mg interfiere directamente.

La mayor relación bráctea/raíz de las plantas se presentó con los balances 11.0-7.0-2.0 meq L⁻¹ y 11.0-5.0-4.0 meq L⁻¹ de K-Ca-Mg pero con balances de 3.0-10.4-6.6, 6.0-12.0-2.0 y 3.0-12.0-5.0 dicho índice disminuye (Cuadro 4). La mayoría de los estudios realizados se han enfocado mayormente en evaluar el índice relación biomasa foliar/raíz y no en el índice de relación bráctea/raíz, sin embargo, es muy importante esta última ya que, de la raíz depende la disponibilidad de recursos en el medio para el desarrollo de la bráctea (Schroth *et al.*, 2001). De acuerdo con Bellote y

Ferreira (1995), al aumentar el volumen de biomasa foliar aumenta la demanda de K y Mg. Meloni (2012), reporta que en las plántulas de vinal incrementó la biomasa de hojas y raíces con el aumento de la concentración de Ca.

Cuadro 4.- Efecto del balance de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el índice de contenido relativo de clorofila (ICRC) y la proporción de producción de biomasa de nochebuena cultivar Prestige Red.

Tratamientos (K - Ca - Mg)	ICRC (SPAD)	Relación parte aérea/raíz (g/g)	Relación bráctea/raíz (g/g)
1 (3.0 – 10.4 – 6.6)	51.6c	5.23c	0.84de
2 (6.0 – 12.0 – 2.0)	54.6b	4.80d	0.76e
3 (3.0 – 12.0 – 5.0)	55.3ab	6.11bc	0.76e
4 (7.0 – 9.0 – 4.0)	54.1b	5.22cd	0.90cde
5 (5.7 – 7.7 – 6.6)	56.8a	7.17a	1.07abc
6 (5.6 – 10.7 – 5.7)	54.0b	6.11bc	1.03bcd
7 (7.1 – 8.6 – 4.3)	54.7b	6.04bc	1.05bc
8 (11.0 – 7.0 – 2.0)	51.9c	6.03bc	1.27a
9 (11.0 – 5.0 – 4.0)	49.0d	6.38ab	1.25a
10 (8.5 – 9.5 – 2.0)	51.4c	5.14bc	1.18ab
CV(%)	3.19	8.88	11.39
Anova P≤	0.001	0.001	0.001

CONCLUSIÓN

Estos resultados sugieren que las diferentes variables evaluadas responden a distintos balances de K-Ca-Mg:

El balance de 8.5-9.5-2.0 meq L⁻¹ favoreció en un mayor crecimiento de las brácteas de las plantas, con 3.0-10.4-6.6 meq L⁻¹ incrementa la altura, el volumen de raíz fue mayor con la solución que contenía un balance 7.0-9.0-4.0 meq L⁻¹, para el índice de contenido relativo de clorofila fue mayor con el balance 5.7-7.7-6.6 meq L⁻¹ y la relación bráctea/raíz aumento con los balances 11.0-7.0-2.0 y 11.0-5.0-4.0 meq L⁻¹. Sin embargo, el balance 8.5:9.5:2.0 meq L⁻¹ fue la más importante pues incremento el diámetro de las brácteas, ya que esta afecta principalmente la calidad de las plantas.

LITERATURA CITADA

- Amador, Martínez. Jorge Alberto.; Álvarez, Herrera. Javier Giovanni.; Balaguera, López. Helber Enrique. 2008. Efecto del calcio y láminas de riego en la producción y calidad del repollo (*Brassica oleracea* L.), rev. Udcaactual. Divulg. Cient. vol.11 n^o.2 Bogotá July/Dec, pp. 153-162.
- Barrios, Mónica Beatriz, Buján, Alfonso, Debelis, Silvina Patricia, Sokolowski, Ana Clara, Blasón, Ángel Domingo, Rodríguez, Hernán Adrián, López, Silvia Concepción, De Grazia, Javier, Mazo, Carolina Rocío, & Gagey, María Cristina. (2014). Relación de raíz/biomasa total de Soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 221-230. Recuperado en 09 de diciembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018757792014000300221&lng=es&tlng=es.
- Buechel, Troy. «Promix.» rol del calcio en en cultivo de plantas. 05 de Octubre de 2018. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-calcio-en-el-cultivo-deplantas/> (último acceso: 28 de Noviembre de 2018).
- Bugarín, M., R.; Galvis, A.; Sánchez, P.; García, D. 2002. Demanda del potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20(4): 391-399.
- Canul-Ku, J., García-Pérez, F., Barrios-Gómez, E. J., Campos-Bravo, E., Osuna-Canizalez, F. D. J., Ramírez-Rojas, S., & Rangel-Estrada, S. E. (2015). Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). *Agroproductividad*, 8(2).
- Canul-Ku*, Faustino García-Pérez, Edwin J. Barrios-Gómez y Sandra E. Rangel-Estrada. «FORMACIÓN DE HÍBRIDOS CLONALES EN NOCHEBUENA.» *Revista Fitotecnia Mexicana*, 2018: 311 – 316
- CARMEIS FILHO, ANTONIO CARLOS DE ALMEIDA, CRUSCIOL, CARLOS ALEXANDRE COSTA, NASCENTE, ADRIANO STEPHAN, MAUAD, MUNIR, Y GARCIA, RODRIGO ARROYO. (2017). INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE POTASIO EN EL CRECIMIENTO DE RAÍCES Y EL CONSUMO DE NUTRIENTES DE LOS CULTIVARES DE ARROZ DE UPLAND. *Revista Caatinga*, 30 (1), 32-44. <https://dx.doi.org/10.1590/198321252017v30n104rc>
- CHAPAGAIN, B.P. & Z. WIESMAN. 2004. Effect of Nutri-Vant-PeaK foliar spray on plant development, yield, and fruit quality in greenhouse tomatoes. *Scientia Horticulturae* 102: 177-188.
- Ciampitti I. A. y Fernando O. García. «Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas.» 2007. <http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b85257900005790>

2e/53b43da

d9c126e27032579050071b657/\$FILE/Ciampitti%20y%20Garcia%20%20Balances%20y%20Eficiencia%20Nutrientes%202007.pdf (último acceso: 02 de Diciembre de 2018).

Ciampitti, I. A., & García, F. O. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *Revista Horizonte A*, 4(18), 22-28.

Ding Y, Luo W, Xu G (2006) Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Ann Appl Biol* 149:111–123

Espinosa, A., Mejía, J., & Rodríguez, M. J. (2005). Manual de producción de plantas de nochebuena y ornato.

FAO. Funciones de los elementos en la planta. s.f. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf (último acceso: 01 de Diciembre de 2018).

Farhat, N., Elkhouni, A., Zorrig, W., Smaoui, A., Abdelly, C., & Rabhi, M. (2016). Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(6): 145-155.

Galindo-García, Dante V., Alia-Tejacal, Irán, Valdez-Aguilar, Luis A., Colinas-León, María T., Villegas-Torres, Óscar G., López-Martínez, Víctor, Sainz-Aispuro, Manuel J., & Guillén-Sánchez, Dagoberto. (2015). Extracción de macronutrientes y crecimiento en variedades de nochebuena de sol nativas de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(3), 305-312. Recuperado en 22 de noviembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018773802015000300009&lng=es&tlng=es.

Galindo-García, D. V., Alia-Tejacal, I., Colinas-León, M. T. B., & Valdez-Aguilar, L. A. Nochebuena

de sol.

GÁRATE, A. & I. BONILLA. 2000. Nutrición mineral y producción vegetal. Capítulo 8. En: J. AzconBieto & M. Talón, *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, pp. 113-129. Barcelona: McGraw–Hill Interamericana.

García, Iñaki. «CANNA.» Interacciones entre nutrientes. s.f. http://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes (último acceso: 02 de Diciembre de 2018).

González, Fernando Pomares . «SEAE.» LA FERTILIZACIÓN Y EL BALANCE DE NUTRIENTES EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS . 30 de Diciembre de 2008. <https://www.agroecologia.net/recursos/documentos/manuales/manual-fertilizacionfpomares.pdf> (último acceso: 03 de Diciembre de 2018).

- GONZÁLEZ LÓPEZ, H. O. R. A. C. I. O. (2018). EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CALCIO Y POTASIO EN LA SOLUCIÓN DE FERTIRRIEGO EN TOMATE BAJO INVERNADERO.
- Hernández Pérez, A. (2018). Respuestas de la flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) al balance iónico en la solución nutritiva: planta madre y flor en maceta.
- LATSAGUE, MIRTHA, SÁEZ, PATRICIA, & MORA, MARIELA. (2014). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook.f.. *Gayana. Botánica*, 71(1), 37-42. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432014000100007>
- Li, H., Chen, Z., Zhou, T., Liu, Y., Raza, S., & Zhou, J. (2018). Effects of High Potassium and Low Temperature on the Growth and Magnesium Nutrition of Different Tomato Cultivars. *HortScience*, 53(5), 710-714.
- Liao, W.-B., Zhang, M.-L., Huang, G.-B., & Yu, J.-H. (2011). Ca²⁺ and CaM are Involved in NO- and H₂O₂-Induced Adventitious Root Development in Marigold. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(2), 253–264.
- López O. Obed Aradaht, 2007. Efecto de la aplicación de potasio en la calidad y productividad de lechuga de tipo romana. Pp.36-37
- Márquez-Márquez, José Miguel, Canul-Ku, Jaime, Sánchez-Abarca, Carlos, Barrios-Gómez, Edwin Javier, García-Pérez, Faustino, López-Herrera, Edgar, EVALUACIÓN DE PROGENIES DE CRUZA DOBLE DE FLOR DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima* WILLD. EX KLOTZSCH) EN MORELOS, MÉXICO. *Interciencia [en línea]* 2017, 42 (Junio-Sin mes) : [Fecha de consulta: 23 de noviembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33951621009>> ISSN 0378-1844
- Marschner, H. 2002. Mineral Nutrition of higher plants. 2da Ed. Academic Press. London. Pp. -
- 89.
- Nava-Martínez, E., O.G. Villegas-Torres, I. Alia-Tejacal, V. López-Martínez, C.M. Acosta-Duran, M. Andrade-Rodríguez, y D. Guillén-Sánchez. 2009. Crecimiento de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio.6:195-204.
- Piedraita, Oscar. «nuprec.» Calcio en las plantas. Junio de 2012. http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Calcio/Calcio%20en%20Plantas.pdf (último acceso: 28 de Noviembre de 2018).

- Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A. M., Morales-Cárdenas, J. A., Colinas-León, M. T., ValdezAguilar, L. A., & Avitia-García, E.. (2008). Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(2), 131-137. Recuperado en 27 de noviembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200005&lng=es&tlng=pt.
- Preciado Rangel. P., Gustavo A. Baca Castillo., J. Luis Tirado Torres., Josué Kohashi-Shibata., Leonardo Tijerina Chávez y Ángel Martínez Garza. 2002. Nitrógeno y Potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20: 267-276. Montecillo, México. Pág. 268- 271.
- Preciado Rangel, Pablo, Baca Castillo, Gustavo A., Tirado Torres, J. Luis, Kohashi Shibata, Josué, Tijerina Chavez, Leonardo, Martínez Garza, Angel, Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra Latinoamericana* [en línea] 2002, 20 (julio-septiembre): [Fecha de consulta: 7 de diciembre de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320305>> ISSN
- Qi, ZHAO Xin Hua, Xia Le, Giang Chun- ji, Wang Xiao- guang, HAN Yi, Wang Jim, YU Hai-qiu. «Effects of potassium deficiency on photosynthesis, chloroplast ultrastructure, ROS, and antioxidant activities in maize (*Zea mays* L.)» *ScienceDirect*, 2018: 1-12.
- SAGARPA. «STUDYLIB.» Cultivo de la nochebuena: retos sobre la nutrición y sanidad. 19 de Noviembre de 2010. <https://studylib.es/doc/7572920/cultivo-de-la-nochebuena---sistema-deinformaci%C3%B3n-de-fund...> (último acceso: 27 de Noviembre de 2018).
- Schroth, G., Lehmann, J., Rodriguez, M.R.L., Barros, E. and Macedo, J.L.V. 2001. Plant-soil interactions in multistate agroforestry in the humid tropics. *Agroforestry Systems*. 53: 85-102.
- Sela, Guy. «SMART Fertilizer Management.» Potasio en las plantas. s.f. <https://www.smartfertilizer.com/es/articles/potassium-in-plants> (último acceso: 02 de Diciembre de 2018).
- The remodeling of seedling development in response to long-term magnesium toxicity and regulation by ABA-DELLA signaling in *Arabidopsis*. Guo W, Cong Y, Hussain N, Wang Y, Liu Z, Jiang L, Liang Z, Chen K *Plant Cell Physiol*. 2014 Oct; 55(10):1713-26.
- Torres-Oliver, V., Villegas-Torres, O. G., Valdez-Aguilar, L. A., Alia-Tejacal, I., López-Martínez, V., & Trejo-Téllez, L. I. (2015). Respuesta de la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) a la relación nitrato: calcio en tres etapas fenológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (12), 2345-2357.

- Trejo-Hernández, L., Olson-Zúnica, M. E., & Bye-Boettler, R. A. (2015). Datos históricos y diversidad genética de las nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(2), 478-485
- Vargas Araujo, Jesús, Andrade-Rodríguez, María, Villegas-Torres, Óscar Gabriel, CastilloGutiérrez, Antonio, Colinas-León, María Teresa, Avitia-García, Edilberto, & Alia-Tejacal, Irán. (2017). Características reproductivas de nueve variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 295-306. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i2.51>
- Villegas, T.O., G.P. Sánchez, C.G.A. Baca, M.M.N. Rodríguez, C. Trejo, y V.M. Sandoval, S.E. Cárdenas. 2005. Crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Montecillo estado de México* 23:49-56.
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., y Guo, S. (2013). El papel crítico del potasio en la respuesta al estrés vegetal. *Revista internacional de ciencias moleculares*, 14 (4), 7370-90. doi: 10.3390 / ijms14047370
- White, M.R. Broadley Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets — iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine *New Phytol.*, 182 (2009), pp. 49-84