

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EFFECTO DEL POTASIO SOBRE LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) DESARROLLADO EN UN
SISTEMA HIDROPÓNICO**

POR

BENITO CARDONA MIRANDA

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EFFECTO DEL POTASIO SOBRE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) DESARROLLADO EN UN SISTEMA
HIDROPONICO

POR

BENITO CARDONA MIRANDA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


DR. PABLO PRECIADO RANGEL

VOCAL:


ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL:


DR. ANSELMO GONZALEZ TORRES

VOCAL SUPLENTE:


DR. EDUARDO MADERO TAMARGO


M.E VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EFFECTO DEL POTASIO SOBRE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) DESARROLLADO EN UN SISTEMA
HIDROPONICO

POR
BENITO CARDONA MIRANDA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


DR. PABLO PRECIADO RANGEL

ASESOR:


ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:


DR. ANSELMO GONZÁLEZ TORRES

ASESOR:


DR. EDUARDO MADERO TAMARGO


M.E VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Tomas y Julia por apoyarme en todo momento, y motivado mi formación académica su tenacidad y lucha interminable han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir.

Al Dr. Pablo Preciado Rangel por su gran apoyo para llevar a cabo este trabajo y por sus ánimos de seguir siempre adelante ante cualquier situación

Al ME. Víctor Martínez Cueto por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Anselmo González Torres por el apoyo recibido y la asesoría brindada para poder terminar este proyecto.

Al Dr. Eduardo Madero Tamargo por su amistad consejos y ayuda en la realización de este trabajo.

A la UAAAN UL mi “Alma Terra Mater” por darme la oportunidad de formar de ella un hogar, donde aprendí de maestros, compañeros y amigos, gracias Narro por permitir que culminara mi carrera, siempre estaré orgulloso de ser buitre.

A mis amigos Edgardo Jiménez N., Camilo Martínez R., William Diaz L., Jorge López M., Mario Vázquez V., y Néstor Tepexpa C.

A todas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

DEDICATORIA

A mis padres:

Tomas Cardona Olamendi y Julia Miranda Luna por confiar en mí, por sus buenos consejos y sobre todo por el apoyo moral y económico que me brindaron ya que sin ustedes esto no hubiera sido posible, gracias papas por hacer de mi un hombre de bien poniendo el mayor esfuerzo para poder brindarme una buena educación, por los consejos y los valores que me han inculcado.

A mis hermanos:

Julia, Nicolás y Tomas porque a pesar de estar lejos siempre pensando que este proyecto seria de todos, les dedico el siguiente éxito motivándolos a seguir adelante para alcanzar las metas propuestas en la vida.

A mis abuelos:

Juan Miranda Castillo (†) y Florentina Luna Buenrostro por todas sus oraciones y bendiciones al momento de salir de casa. Como un padre siempre te he visto y como una madre también, gracias a su sabiduría influyeron en mí la madurez para lograr todos los objetivos en la vida. Gracias por guiarme hacia el camino correcto. Sus canas son sinónimo de sabiduría. Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron por el buen sendero.

A mi esposa Cynthia Elizabeth Coronado Crispín gracias a ti por tu paciencia y comprensión, por tu bondad me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado. En realidad me llenas por dentro de muchas fuerzas para conseguir el equilibrio que me permite dar el máximo de mí.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 General.....	3
1.1.2 Particulares	3
1.2 Hipótesis	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen, historia del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	4
2.2 Clasificación taxonómica	4
2.3 Características botánicas	5
2.3.1 Raíz	5
2.3.2 Tallo.....	5
2.3.3 Hoja	6
2.3.4 Flor	6
2.3.5 Fruto.....	7
2.3.6 Semilla	7
2.4 Requerimientos climáticos	8
2.4.1 Temperatura	8
2.4.2 Humedad.....	9
2.4.3 Humedad del sustrato	9
2.4.4 Luminosidad.....	10
2.5 Sustrato.....	11
2.5.1 Característica física de los sustratos.....	12
2.6 Fotosíntesis	12
2.6.1 Clorofila	13
2.7 Transpiración.....	14
2.8 Plagas y enfermedades.....	15

2.9	Tecnología de producción	15
2.9.1	Generalidades de las soluciones nutritivas	15
2.9.2	El pH de la solución nutritiva	17
2.9.3	Presión osmótica	18
2.9.4	Relación mutua entre aniones y cationes.....	19
2.9.5	Solución universal de Steiner	20
2.9.6	Calidad del agua para la solución nutritiva	21
2.10	Niveles de potasio en la solución nutritiva para el estudio de la nutrición vegetal.....	22
3	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1	Localización y características del sitio experimental.	25
3.2	Diseño experimental	25
3.3	Análisis del agua	26
3.4	Manejo del cultivo	27
3.4.1	Germinación de semillas.....	27
3.4.2	Trasplante.....	28
3.5	Preparación de soluciones nutritivas.....	28
3.5.1	Riegos y fertilización	28
3.5.2	Aplicación de micronutrientes.....	29
3.5.3	Tutorado	29
3.5.4	Polinización	29
3.5.5	Plagas y enfermedades	29
3.5.6	Cosecha.....	30
3.6	Variables evaluadas	30
3.6.1	Altura de la planta.....	30
3.6.2	Diámetro de tallo.....	30
3.6.3	Área foliar	30
3.6.4	Peso fresco del vástago	31
3.6.5	Peso seco del vástago y raíz de la planta.....	32
3.6.6	Número de frutos	32
3.6.7	Medición indirecta de clorofila	32
3.6.8	Extracción celular en peciolo Nitrato y potasio	32
3.6.9	Peso, largo, ancho y firmeza del fruto	33
3.6.10	Concentración de sólidos solubles en el fruto	34
3.6.11	Análisis estadístico	34
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1	Variables evaluadas	35

4.2	Altura de la planta	35
4.3	Diámetro de tallo	37
4.4	Área foliar.....	38
4.5	Peso fresco del vástago de la planta.....	40
4.6	Volumen de raíz.....	41
4.7	Peso seco del vástago	42
4.8	Peso seco de la raíz	44
4.9	Número de frutos.....	45
4.10	Medición indirecta de clorofila	46
4.11	Contenido de nitrato en peciolo.....	47
4.12	Contenido de potasio en peciolo	49
4.13	Peso, largo, ancho y dureza del fruto.....	51
4.14	Peso del fruto.....	51
4.15	Longitud de fruto.....	52
4.16	Diámetro del fruto.....	54
4.17	Firmeza del fruto.....	55
4.18	Sólidos solubles totales	56
5	CONCLUSIONES.....	59
6	LITERATURA CITADA	60

ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
CUADRO 1 Niveles de potasio evaluados en el experimento.	23
CUADRO 2 Análisis de agua utilizado en el experimento.....	23
CUADRO 3. Fertilizantes utilizados en la preparación de las soluciones nutritivas para los tratamientos de estudio.....	25
CUADRO 4 rango de N-NO ₃ y K en el extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de cucurbitácea	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

FIGURA 1. Altura promedio de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K, en la solución nutritiva.	31
FIGURA 2. Diámetro del tallo de plantas de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	32
FIGURA 3. Área foliar en plantas de pepino por efecto de diferentes niveles de K. en la solución nutritiva.	34
FIGURA 4. Peso fresco promedio de vástago de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.....	35
FIGURA 5. Volumen de raíz de plantas de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	36
FIGURA 6. Peso seco del vástago de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.....	37
FIGURA 7. Peso seco promedio de raíz de la planta pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	38
FIGURA 8. Numero de frutos promedio por planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	39
FIGURA 9. Valores SPAD en hojas de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	41
FIGURA 10. Concentración de nitrato en peciolo de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	43
FIGURA 11. Concentración de potasio en peciolo de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	44
FIGURA 12. Peso promedio del fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.....	46
FIGURA 13. Longitud del fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	47
FIGURA 14. Diámetro promedio de fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	48
FIGURA 15. Comparación promedio de la firmeza del fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	50
FIGURA 16. Comparación de medias de grados Brix de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva.	51

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de potasio de solución nutritiva sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) desarrollado en un sistema hidropónico.

Los tratamientos consistieron en cuatro concentraciones de potasio: 4.2, 7, 9.6 y 11.8 me L⁻¹ de K⁺ en la solución nutritiva, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar. Las variables evaluadas en el cultivo de pepino fueron: altura, diámetro de tallo, área foliar, peso fresco y peso seco de vástago, número de frutos peso fresco y volumen de raíz, contenido de clorofila en la hoja, contenido de nitrato y potasio en peciolo, peso, largo, ancho y dureza del fruto y sólidos solubles totales.

Las variables evaluadas presentaron diferencia significativa en: número de frutos, SPAD, contenido de nitrato y potasio en peciolo, en el peso fresco del fruto y en los sólidos solubles (°Brix). Mientras que en la altura, diámetro de tallo, área foliar peso seco y fresco del vástago, volumen de raíz y peso seco raíz, largo, ancho y firmeza fueron estadísticamente iguales.

El tratamiento con la solución nutritiva con un contenido de 11.8 me L⁻¹ de K⁺ fue el que obtuvo los valores mayores para número de frutos, contenido de potasio en peciolo, peso del fruto y sólidos solubles.

Los resultados sugieren que la solución nutritiva con un contenido de potasio elevado representa una alternativa para elevar la calidad del fruto, en comparación del uso de soluciones nutritivas bajas en potasio.

Palabras clave: soluciones nutritivas, potasio, calidad, *agricultura protegida*, *Cucumis sativus* L.

1 INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L) es una de las hortalizas cucurbitáceas más conocidas. Se cultiva en casi todo el mundo principalmente para consumo de sus frutos no climatéricos en estado inmaduro. En México, la producción de hortalizas bajo invernadero se ha incrementado significativamente durante los últimos años, siendo el pepino una de las hortalizas con un gran potencial económico, ocupando el 10 % de la superficie total de los invernaderos (Ortiz *et al.*, 2009).

En los cultivos sin suelos, la producción se basa en que se utilizan medios de desarrollo distintos al suelo (sustratos) y la nutrición se proporciona con el empleo de soluciones nutritivas, se puede optimizar la nutrición de los cultivos y contribuir a mejorar la calidad de los productos hortícolas. Con esta técnica es posible variar la proporción de los cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) mientras el valor de los aniones (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, $SO_4^{=}$), se mantiene en proporciones constantes o viceversa (Fanasca *et al.*, 2006). De esta manera permite mantener en la solución las proporciones adecuadas de aniones e incrementar la relación de algún nutrimento que sea objeto de estudio como el potasio el cual es uno de los nutrimentos indispensables para la planta, el cual puede mejorar la calidad de los frutos de los productos hortícolas.

De acuerdo con Samra y Arora (1997), el potasio mejora la calidad y duración del cultivo y también alivia las condiciones de estrés. El potasio es activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y en la

respiración, además activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas y es involucrado en el transporte de los fotoasimilados (Swietlik, 2003).

Asimismo, el K es un ión que desempeña un papel fundamental en la osmorregulación celular y su deficiencia produce pérdida de turgencia y marchitamiento, más acentuado cuando hay déficit hídrico (Bonilla, 2000), además de dar firmeza a los tejidos y grosor a las paredes celulares; la deficiencia de potasio genera descomposición del tejido parenquimatoso (Black, 1975).

Dosis relativamente altas de K incrementa el diámetro de tallo y la altura de planta, sin disminuir el peso seco de la raíz (Tremblay y senecal, 1988).

Debido a que en México la nutrición mineral del cultivo de pepino bajo sistema de invernadero se proporciona principalmente por medio de una solución nutritiva, utilizando diferentes concentraciones de acuerdo al criterio de los productores, sin tomar en que concentración o relación entre nutrientes se presentara mejor mayor rendimiento y calidad en los frutos.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

- Evaluar diferentes concentraciones de potasio en la solución nutritiva y su efecto en el cultivo de pepino.

1.1.2 Particulares

- Evaluar diferentes concentraciones de potasio en la solución nutritiva sobre el rendimiento y calidad del cultivo de pepino desarrollado en un sistema hidropónico.

1.2 Hipótesis

Los niveles de potasio aumentan el rendimiento y la calidad de los frutos de pepino

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen, historia del pepino (*Cucumis sativus* L.)

El pepino pertenece a la familia de las cucurbitáceas cuyo nombre científico es *Cucumis sativus* L. El cultivo es originario de las regiones tropicales del sur de Asia; ha sido cultivado en la India desde hace más de 3000 años. Dentro de las características generales de la especie se tiene que es un cultivo anual, herbáceo, de crecimiento rastroso e indeterminado (Maroto, 2008). Fue introducido en China en el año 100 a. de C. y posteriormente a Francia en el siglo IX. En Inglaterra era común en 1327, siendo llevado después a Estados Unidos (Valadez, 1997). El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto tanto para mercado interno, como con fines de exportación que se cultiva y consume en fresco como industrializado en muchas regiones del mundo. Además, se cuenta con variedades de alto rendimiento y con prácticas de manejo que permiten maximizar su producción (Gálvez, 2004).

2.2 Clasificación taxonómica

Reino:	Vegetal
Tronco:	Cormofitas
División:	Antofitas o espermatofitas
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledóneas
Grupo:	Dialipétalas

Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitáceas
Género: *Cucumis*
Especie: *sativus*

2.3 Características botánicas

2.3.1 Raíz

Su sistema radicular es abundante, ya que su raíz principal puede llegar hasta 1.10 m de profundidad, sin embargo, las raíces secundarias y los pelos absorbentes son bastante superficiales, que pueden medir hasta 65 cm laterales, la mayor concentración de raíces se encuentran entre 25 y 30 cm. De acuerdo a lo anterior esta hortaliza tiene un sistema de raíces muy compacto lo cual tiende a aumentar sus requerimientos de humedad en comparación a las demás hortalizas (García, 2004).

2.3.2 Tallo

Su tallo es anguloso, cubierto de tricomas y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 primeros centímetros. Son trepadores, llegando a alcanzar de longitud hasta 3.5 metros en condiciones normales (Gálvez, 2004)

2.3.3 Hoja

Las hojas son simples, acorazonadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos, son ásperos y poseen de 3 a 5 lóbulos angulado y triangulares, epidermis con cutícula delgada que minimiza la transpiración excesiva (López, 2003). Las hojas son de forma triangulada – ovalada con lóbulos no bien formados y su longitud es de 7 a 20 cm en ocasiones es mayor. Los peciolos de las hojas son largos y miden de 5 a 15 cm de longitud (Gálvez 2004).

2.3.4 Flor

Contiene flores de ambos sexos en la misma planta, por lo que se le considera monoica, de polinización cruzada; algunas variedades presentan flores hermafroditas. Al inicio se presentan solo flores masculinas en la parte baja de la planta, al centro, en igual proporción, las flores masculinas y femeninas y en la parte superior predominan las femeninas. Las flores masculinas como las femeninas se sitúan en las axilas de las guías secundarias. Las masculinas tienen el cáliz acorazado con 5 dientes acuminados en forma de lesna, corola adherida al cáliz, en forma de campana, venosa, arrugada y con 5 divisiones; el disco central es trígono, truncado, cubierto por los estambres, que son en número de 3. Las femeninas tienen la corola y el cáliz igual que las masculinas, 3 filamentos estériles, un estilo y 3 estigmas bífidos. Generalmente días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen a la formación de mayor número de flores femeninas; pero si los días son largos, temperaturas altas y sequía, estas condiciones favorecen la formación de flores masculinas. La polinización se efectúa en el ámbito de campo, principalmente a través de las abejas. La

productividad del cultivo dependerá en gran medida de la cantidad de flores femeninas que tenga, pues estas mismas se convertirán en frutos (López, 2003).

La polinización se efectúa por insectos (abejas). La mayoría de las flores tienen fecundación por polinización cruzada. La eficiencia de la polinización está determinada por la temperatura, ya que en una sequía o una temperatura elevada durante la polinización y la formación del fruto adelantaría la maduración de la planta (García, 2004)

La calidad de luz, hace que aumente la producción de flores tanto femeninas como masculinas en el cultivo de pepino.

2.3.5 Fruto

Se considera como una baya falsa (pepónide), alargado cilíndrico, mide entre 15 y 35 cm de longitud, según el cultivar. Es un fruto carnoso color blanco en su interior y el exterior de color verde oscuro o claro, ásperos y verrugosos; en su estadio joven los frutos presentan en la superficie espinas falsas de color blanco o negro, cerosas; en su estadio juvenil que con el tiempo se caen, es el punto óptimo de cosecha y en su estadio de madurez presentan un color amarillo (López, 2003).

2.3.6 Semilla

Las semillas tienen formas plana y ovalada de color blanca amarillenta, está protegida por una cubierta dura, su tamaño es de 8 a 10 mm de longitud con grosor de 3 a 5 mm (López, 2003).

2.4 Requerimientos climáticos

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto (Castilla, 1999).

2.4.1 Temperatura

Es una planta de clima cálido, adaptada a temperaturas altas. Es un cultivo de fotoperiodo corto y buena luminosidad (Castaños, 1993).

La temperatura para el desarrollo del pepino oscila entre los 18 y 30 °C, siendo la óptima de 25 °C; durante su desarrollo necesita buena intensidad de luz. Si se presentan temperaturas menores de 14 °C se detiene su crecimiento, y si estas temperaturas frescas permanecen hasta la floración, las flores femeninas pueden abortar (Guenko, 1983).

La temperatura afecta la actividad metabólica celular, la absorción de agua y nutrientes, el intercambio gaseoso y gasto de carbohidratos y reguladores de crecimiento, entre otros (Tognoni, 2000).

La temperatura óptima oscila entre los 20 y 25 °C a temperaturas excesivas, más de 35 °C las plantas detienen su crecimiento y su floración mientras que a temperaturas inferiores entre 10 y 15 °C se originan problemas del desarrollo y germinación, a temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula (CENID-RASPA, 2008).

2.4.2 Humedad

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, el exceso de humedad durante el día puede reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis. Para humedades superiores al 90% y con atmósfera saturada de vapor de agua, las condensaciones sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, pueden originar enfermedades fúngicas. Además un cultivo mojado por la mañana empieza a trabajar más tarde, ya que la primera energía disponible deberá cederla a las hojas para poder evaporar el agua de su superficie (Caldari, 2007).

2.4.3 Humedad del sustrato

La humedad del sustrato es determinante para aportar agua a la semilla y a las raíces de la plántula, en equilibrio con el suministro de oxígeno. La humedad en el medio es necesaria para que se lleve a cabo primeramente la imbibición, etapa necesaria para que se inicie todo el proceso bioquímico. Posteriormente, los tejidos de la radícula y luego las raíces, requieren un adecuado suministro de agua para hidratar a los tejidos jóvenes que están formando las plántulas. De no suministrar el agua en la cantidad y el momento oportuno, se pueden generar un estrés que provoca un desarrollo de la plántula: lo cual, al final del proceso se

traducirá en menor producción, mala calidad y mayor tiempo de ciclo (Parera, 1994).

La humedad relativa óptima debe oscilar entre 50 y 70%, humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la germinación de las semillas (Cantliffe, 1998).

2.4.4 Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (Caldari, 2007).

Yamaguchi (1983) reporta que el fotoperiodo largo (mayor de 12 horas luz) y altas temperaturas producen más flores masculinas.

A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe de aumentar la temperatura, la humedad relativa para que la fotosíntesis sea máxima, por el contrario si se presenta poca intensidad lumínica pueden descender las necesidades de otros factores. Las plántulas requieren de moderada o alta insolación. Los días nublados favorecen la presencia de enfermedades (INIFAP, 2000).

2.5 Sustrato

El termino sustrato se aplica en la horticultura a todo material sólido diferente del suelo. El material que lo integra puede ser natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, en forma pura o mezclado, que se coloca en un contenedor, el cual permite el anclaje del sistema radical, y pueda intervenir (materiales activos químicamente) o no (inerte) en los procesos complejos de la nutrición mineral de las plantas (Lao y Jiménez, 2004).

Los sustratos son el medio para el cultivo de todo tipo de plantas, comúnmente usado en contenedores, entendiéndose por contenedor a cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base se encuentra a presión atmosférica (Burés, 1998; Schmilewski, 2008).

El sustrato tiene cuatro funciones importantes:

- 1) Proveer el agua suficiente a la planta,
- 2) Suministrar los nutrimentos necesarios para el buen desarrollo y crecimiento de la planta,
- 3) Permitir el buen intercambio gaseoso entre la atmosfera y el sustrato, y
- 4) servir como soporte físico a la planta (Rodríguez, 2004).

2.5.1 Característica física de los sustratos

Las propiedades físicas del sustrato utilizado resultan de enorme importancia para el correcto desarrollo de la planta, situación difícil de ser corregida una vez comenzado la producción de los cultivos (Martínez *et al.*, 2006).

Los sustratos que sean usados para la producción de plántulas deben permitir buena disponibilidad y retención de agua, promover un eficiente intercambio de gases y servir como soporte físico para la plántula (De Grazia *et al.*, 2007).

Las características físicas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y tipo de empaquetamiento, siendo las más destacadas: densidad aparente, la distribución granulométrica, la porosidad la aireación, la retención de humedad, la permeabilidad y distribución de tamaños de poros (Pastor 1999; Pire y Pereida 2003).

(Michel, 2008) considera que solo algunos parámetros físicos son suficientes para caracterizar un gran número de sustratos utilizados como medio de crecimiento hortícola; los parámetros que considero fueron: la densidad aparente, el espacio poroso total, la resistencia al enraizamiento, la retención de humedad, la humectabilidad, la conductividad hidráulica y la difusibilidad.

2.6 Fotosíntesis

La fotosíntesis (del griego antiguo “fos-fotós”, “luz”, y “sýnthesis”, “composición”, “síntesis”) es la conversión de materia inorgánica en

materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz. En este proceso la energía luminosa se transforma en energía química estable, siendo el adenosín trifosfato (ATP) la primera molécula en la que queda almacenada esa energía química. Con posterioridad, el ATP se usa para sintetizar moléculas orgánicas de mayor estabilidad (Canul, 2013).

El proceso mediante el cual se realiza la conversión de la energía lumínica en los alimentos, se conoce como fotosíntesis. La luz solar al incidir sobre las hojas y activar las funciones de los cloroplastos, desencadenan una serie de reacciones de gran complejidad, en las cuales a partir de bióxido de carbono y el agua, se forman diversos tipos de azúcares que son el resultante de este proceso y componente de las partes comestibles de las especies vegetales (Castaños, 1993).

2.6.1 Clorofila

La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de Nitrógeno y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. El N_2 es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1992). Cantidades adecuadas de N_2 en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que estas tienen alta concentración de clorofila. El pigmento verde de la clorofila absorbe la energía de la luz necesaria para iniciar la fotosíntesis (Rincón y Ligarreto, 2012).

Una forma para determinar el nitrógeno foliar en forma rápida, es mediante el medidor de clorofila Minolta SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development) que mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta. Este equipo portátil permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm y 940 nm. Su utilización ha dado resultados satisfactorios en cuanto a la evaluación del estado nutricional de N₂ en varios cultivos (Sainz y Echeverría, 1998; Caires *et al.*, 2005).

Novoa y Villagrán (2002) al evaluar el uso de un medidor portátil de clorofila SPAD 502, en el cultivo de maíz, observaron que, los valores del medidor de clorofila están altamente correlacionados con el contenido de N. Indicando que el medidor de clorofila puede ser una herramienta fácil de usar para detectar en el campo niveles críticos de N en hojas de maíz.

2.7 Transpiración

Es el proceso mediante el cual la planta emite vapor de agua hacia la atmósfera y este evento es afectado por factores como el contenido de humedad en el suelo, la presión atmosférica, la humedad relativa y el viento principalmente. Las estomas se abren y se cierran como respuesta a la luz. El aumento que se produce a primeras horas de la mañana se debe principalmente a la luz (Düring y Loveys, 1996). A medida que avanza el día, la planta transpira y cuando es incapaz de traslocar el agua suficiente desde las raíces para satisfacer las tasas de transpiración, cerrará parcial o totalmente las estomas. Avanzada la tarde, si

las condiciones ambientales vuelven a ser propicias, la planta los abrirá de nuevo. Pero en cualquier caso, al atardecer como consecuencia de la disminución de la luz, cerrarán y permanecerán así durante toda la noche.

La temperatura afecta la fotosíntesis a nivel estomático y cloroplástico, el aumento de la temperatura afecta la velocidad de las reacciones metabólicas, si la temperatura del aire es elevada se puede producir un desequilibrio entre el estado hídrico de la hoja y el flujo de transpiración, de manera que si la demanda evapotranspirativa supera a la absorción por las raíces, los estomas se cierran y se frena el intercambio gaseoso (Carbonneau *et al.*, 2000).

2.8 Plagas y enfermedades

En el cultivo de pepino, se sugiere utilizar un adecuado calendario de aplicación de insecticidas para todos los insectos plaga, y, sobre todo, para los chupadores, ya que son los causantes primarios de los virus (Valadez, 1998).

2.9 Tecnología de producción

2.9.1 Generalidades de las soluciones nutritivas

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micro nutrimento que puede estar presente (Steiner, 1968). Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con

las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, 1961)

La SN está regida por las leyes de la química inorgánica, ya que tiene reacciones que conducen a la formación de complejos y a la precipitación de los iones en ella, lo cual evita que éstos estén disponibles para las raíces de las plantas (De Rijck y Schrevens, 1998). Los parámetros que caracterizan la SN son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Adams, 1994; Rincón, 1997).

En la mayoría de los sistemas hidropónicos establecidos se aplica el riego por goteo con una solución nutritiva que contiene fertilizantes disueltos con todos los nutrientes minerales esenciales para las plantas, en concentraciones óptimas para su crecimiento y desarrollo. Para que las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) crezcan sin limitaciones nutricionales, la solución nutritiva debe tener un pH entre 5.5 a 6.5, una conductividad eléctrica (CE) entre 1.5 y 3 dS m⁻¹, y los nutrimentos minerales deben estar disociados en proporciones y concentraciones que eviten precipitados y antagonismos (Adams, 2004). La planta modifica el consumo de nutrimentos en función de sus fases de crecimiento y desarrollo, condiciones climáticas, y características de la solución nutritiva como la CE, pH y oxígeno disuelto (Terabayashi *et al.*, 2004; Jones, 2005; Sonneveld y Voogt, 2009).

Conforme las plantas se desarrollan fisiológicamente, la demanda de nutrimentos también aumenta, el incremento de la concentración de nutrimentos en la solución nutritiva de forma gradual a las plántulas de tomate, tiene mejores

respuestas y es más efectiva que cuando la solución nutritiva se irriga de una sola concentración en todo el proceso (Lara *et al.*, 1999).

2.9.2 El pH de la solución nutritiva

Samperio (2004) afirma, que el desarrollo de los vegetales se acelera o se retarda según el pH que tenga la solución nutritiva utilizada, las condiciones de acidez o de alcalinidad, se mide con el potenciómetro, comúnmente llamado pHmetro. La calibración de este equipo es muy importante ya que nos indica la medida de disponibilidad de los nutrientes. Cuando el pH de la solución es alcalino, se puede acidificar aplicando ácido nítrico, fosfórico o sulfúrico. Si por el contrario es demasiado, se podrá alcalinizar con hidróxido de calcio micronizado.

El pH recomendable de la solución nutritiva para el desarrollo de un buen número de cultivos tales como apio, berro, calabaza, brócoli, cebolla, entre otras hortalizas se desarrollan bien en un pH de 6 a 6.5 mientras que cultivos de fresa, tomate, papa, lechuga, melón, sandía y otros se desarrollan bien con un pH de 5.5 a 6.00. (Samperio, 2004).

Favela *et al.*, (2006) menciona que, el pH de la SN no es estático, ya que depende del CO₂ en el ambiente, de que la SN se encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada. (Juárez *et al.*, 2006) Esto significa que el pH es una propiedad inherente de la composición mineral de la solución nutritiva que no puede ser variado independientemente.

2.9.3 Presión osmótica

La respuesta de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico (Steiner, 1966) depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica (PO) de la solución nutritiva, que es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que depende de la cantidad de partículas, o solutos disueltos (Segal, 1989). En la medida que la PO es mayor, las plantas deben invertir más energía para absorber el agua y los nutrimentos, por lo cual la PO no debe elevarse (Asher y Edwards, 1983).

La PO también influye en la absorción de agua y de los nutrimentos, pues a mayor PO, menor es la absorción; además, la absorción de nutrimentos se ve afectada de manera diferencial: la absorción de SO_4 es más restringida que la de NO_3 y H_2PO_4 ; el Ca más afectado que el Mg, y éste que el K, lo cual ocasiona un desbalance de la SN (Steiner, 1973).

Una medida indirecta y empírica para determinar la PO de la SN es la CE, que sirve para indicar la concentración total de sales disueltas en el agua; para hacerlo, se multiplica la CE de la SN por 0.36 (Rhoades, 1993); en cambio Steiner (1984) calcula la presión osmótica de la SN multiplicando el número total de mM por el factor 0.024 (Sonneveld, 1997) sugiere la siguiente ecuación para determinar la CE de una SN: $CE = \Sigma \text{ de cationes} / 10$, Esta ecuación es útil para valores de CE de 0 a 5 dS m^{-1} , rango en el que se encuentra la CE teórica de la SN. El incremento de la CE por la adición de más macro nutrimentos a la solución

nutritiva, restringe la extracción de agua por las raíces, lo que propicia un aumento de azúcares en los frutos. La CE en el agua de riego permite verificar la concentración total de iones en la SN, detectar un mal funcionamiento en el equipo de inyección, errores eventuales en la preparación de las soluciones madre y las variaciones en la composición del agua de riego, que debe compararse mediante un análisis en el laboratorio (Rincón, 1997).

2.9.4 Relación mutua entre aniones y cationes

Steiner (1961) estableció el concepto de relación mutua entre aniones NO_3 , H_2PO_4 y SO_4 , y entre los cationes K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Se basó en que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes contenidos en los iones mencionados. La regulación nutritiva consiste no solo en la cantidad absoluta de cada elemento aportando sino, además en la relación cuantitativa que se establece entre los aniones por una parte y los de cationes por la otra.

Steiner (1961) indicó que cuando se aplica la solución nutritiva en forma continua, las plantas pueden absorber iones a muy bajas concentraciones. Sin embargo es probable que a una concentración demasiado baja, la requerimientos mínimos de determinados nutrientes que no sea cubierta.

En el otro extremo de concentración, el consumo excesivo puede conducir a afectos tóxicos. El punto de discusión es la existencia de concentraciones óptimas de determinados nutrientes en solución para un cierto cultivo, bajo particularidades condiciones ambientales, o si sus proporciones relativas y no sus concentraciones absolutas son los factores determinantes, bajo el supuesto que las

concentraciones absolutas son los factores determinantes, bajo el supuesto que las concentraciones son decisivas y que a éstas fueron determinadas experimentalmente, se tienen “a” mmol L⁻¹ de K⁺, “b” mmol L⁻¹ de Ca²⁺ y “c” mmol L⁻¹ de Mg⁺, lo que da una relación de K⁺: Ca²⁺: Mg²⁺, como a:b:c, sin embargo esta relación también puede ser expresada como a/n, donde n= a+b+c. así la composición obtenida puede ser expresada simultáneamente en términos de una suma y de una razón.

2.9.5 Solución universal de Steiner

Steiner (1968) afirma que, en los cultivos sin suelo se puede dar o establecer cualquier relación de iones y cualquier concentración total de sales, siempre que no supere los límites de precipitación para ciertas combinaciones de iones. Así, la selección de solución de la concentración de una solución nutritiva debe ser tal que el agua y los iones totales sean absorbidos por la planta por la misma proporción en la cual están presentes en la solución.

Steiner (1984) elaboró una solución nutritiva universal que se distingue por sus relaciones mutuas entre aniones y cationes, expresadas en por ciento del total de me L⁻¹. Este autor indica que el uso de la solución nutritiva universal demanda únicamente que se determine la presión osmótica requerida para el cultivo en particular en una cierta época del año. Las relaciones mutuas entre los iones en la Solución Nutritiva Universal de Steiner en porcentaje del total de mmol es de 60:5:35 para NO₃:H₂PO₄:SO₄²⁻ y 35:45:20 para K⁺: Ca²⁺:Mg²⁺.

2.9.6 Calidad del agua para la solución nutritiva

La calidad del agua es de gran importancia para los cultivos hidropónicos.

El agua con un contenido de cloruro de sodio de 50 ppm o aún mayor no es aconsejable para poder obtener un desarrollo óptimo de las plantas. Conforme el contenido de cloruro de sodio se incrementa, el desarrollo o crecimiento de las plantas va disminuyendo y finalmente morir cuando se alcanzan estos niveles en tóxicos (Resh, 2001). Según Favela *et al.*, (2006) el análisis químico del agua es un pre-requisito para determinar las cantidades y tipos de fertilizantes que se deben utilizar en la preparación de la SN, ya que según sus propiedades químicas, se realizan los ajustes necesarios para que la SN tenga un adecuado pH, contenido de sales, PO y balance entre los iones. Las principales propiedades del agua que se deben tomar en cuenta para la preparación de la SN, son las siguientes: el pH, las sales disueltas, (aniones, cationes, micronutrientes y los elementos tóxicos).

El pH del agua no representa una gran restricción, debido a que puede ajustarse al valor deseado (pH de 5.5) mediante el uso de ácidos.

Los periodos críticos de riego en el cultivo de pepino son: durante la germinación de la semilla, la floración y en la formación de frutos. Se recomienda aplicar el agua en estos periodos en forma oportuna y controlada (López, 2003).

2.10 Niveles de potasio en la solución nutritiva para el estudio de la nutrición vegetal

Los parámetros que caracterizan la SN son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Adams, 1994; Rincón, 1997).

Para que las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) crezcan sin limitaciones nutricionales, la solución nutritiva debe tener un pH entre 5.5 a 6.5, una conductividad eléctrica (CE) entre 1.5 y 3 dS m⁻¹, y los nutrimentos minerales deben estar disociados en proporciones y concentraciones que eviten precipitados y antagonismos (Adams, 2004).

La CE de la SN influye en la composición química de las plantas, al aumentar la CE aumenta la concentración de K⁺ en las plantas a expensas principalmente de Ca²⁺. También se incrementa la concentración de P y en menor medida la de NO₃⁻. Ambos a costa de SO₄⁼. Este comportamiento se presenta independientemente de la etapa de desarrollo (Steiner, 1973).

El K es un macronutriente y uno de los elementos más abundantes en los tejidos vegetales, que comprende alrededor de 10% de materia seca (Epstein and Bloom, 2005).

El K está involucrado en numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos (fisiológicos, activación enzimática, osmoregulación, flujo de nutrientes) vitales para el crecimiento, el rendimiento, la calidad y el estrés (Cakmak, 2005).

Destaca como el catión que tiene mayor influencia sobre los parámetros de calidad que determinan la comercialización de frutos, (Lester *et al.* 2010).

En los cultivos sin suelos, la producción se basa en que se utilizan medios de desarrollo distintos al suelo (sustratos) y la nutrición se proporciona con el empleo de soluciones nutritivas, se puede optimizar la nutrición de los cultivos y contribuir a mejorar la calidad de los productos hortícolas. Con esta técnica es posible variar la proporción de los cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) mientras el valor de los aniones (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, $SO_4^{=}$), se mantiene en proporciones constantes o viceversa (Fanasca *et al.*, 2006).

En las plantas, el K uno de los macronutrientes abundantes en los tejidos vegetales, que representan el casi el 10 % del peso seco; este elemento está implicada en numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos fundamentales para el crecimiento, el rendimiento, la calidad, y de tolerancia al estrés (Epstein y Bloom 2005)

Este catión ejerce una marcada influencia en los parámetros que determinan la calidad comercial de los frutos. La nutrición adecuada de K, también se asocia con un mayor rendimiento de los cultivos y mayor calidad (aumento de tamaño, sólidos solubles totales, mejor color del fruto (Kanai *et al.*, 2007).

De acuerdo con Samra y Arora (1997), el potasio mejora la calidad y duración del cultivo y también alivia las condiciones de estrés.

El potasio es activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y en la respiración, además activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas y es involucrado en el transporte de los fotoasimilados (Swietlik, 2003).

Así mismo, el K es un ión que desempeña un papel fundamental en la osmorregulación celular y su deficiencia produce pérdida de turgencia y marchitamiento, más acentuado cuando hay déficit hídrico (Bonilla, 2000), además de dar firmeza a los tejidos y grosor a las paredes celulares; la deficiencia de potasio genera descomposición del tejido parenquimatoso (Black, 1975).

Estudios realizados por (Bugarín-Montoya *et al.*, 2002), encontraron que en soluciones nutritivas con 6 y 9 me L⁻¹ K⁺ encontraron mayor firmeza en frutos de tomate mientras con un nivel de 3 me L⁻¹ K⁺ encontraron menor firmeza.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y características del sitio experimental.

El trabajo experimental se realizó en el invernadero de 200 m² con cubierta plástica, piso de grava, con pared húmeda y dos extractores, en el ciclo otoño-invierno del 2014, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL) situada en 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste y los paralelos 25° 05' y 26° 54' de latitud norte en Torreón, Coahuila. Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1.139 m.s.n.m. y su temperatura media anual es de 18,6 °C., con el objetivo de evaluar diferentes relaciones de potasio en la solución nutritiva en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) pepino tipo americano variedad paraíso fue sobre el crecimiento vegetativo-reproductivo, rendimiento y calidad bajo sistema de invernadero.

3.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones, teniendo 40 unidades experimentales, mismas que consistieron en macetas de 10 litros de capacidad y en cada maceta contenía una planta de pepino por repetición estos a una distancia de 30 cm entre planta y 50 entre hileras. Los tratamientos en estudio se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Niveles de potasio evaluados en el experimento.

TRAT.	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
me l^{-1}						
1	12.6	1.05	7.35	4.2	11.62	5.166
2	12	1	7	7	9	4
3	11.52	0.96	6.72	9.6	6.643	2.941
4	10.9692	0.9141	6.3987	11.8833	4.4242	1.9687

3.3 Análisis del agua

Se realizó el análisis de agua correspondiente para conocer la cantidad de elementos minerales que contenía y tenerlos en cuenta en el momento que se procederá a la preparación de la solución nutritiva, de los nutrimentos que se tienen que suplir se saca la diferencia entre lo que se tiene que agregar restándole los resultados del análisis de agua que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2 Análisis de agua utilizado en el experimento.

Parámetros	Valor
pH	6.77
C.E.	1.32
CATIONES SOLUBLES	
Ca (me L^{-1})	11.12
Mg (me L^{-1})	.41
Na (me L^{-1})	2.24
K (me L^{-1})	.02
Σ cationes	
ANIONES SOLUBLES	
CO_3 (me L^{-1})	0

HCO ₃ (me L ⁻¹)	2.72
Cl (me L ⁻¹)	4.17
SO ₄ (me L ⁻¹)	6.85
Σ ANIONES	
SAL PREDOMINANTE	
RAS	3.5
Fosfato (ppm)	1
Nitratos (ppm)	8.60
CLASIFICACION	C ₃ S ₁

Posteriormente se inició con el llenado de bolsas de 10 kilos de capacidad utilizando 80% de arena y 20% de perlita como sustratos, se llenaron 40 bolsas para lo que comprendía el experimento. Se utilizó perlita B12 Multiperl® Hortícola. Las bolsas que se llenaron se saturaron de agua para lavar los elementos contenidos en la arena.

3.4 Manejo del cultivo

3.4.1 Germinación de semillas.

Se pusieron a germinar las semillas de pepino variedad presidio utilizando peat moss como sustrato, para la germinación se usaron charolas de nieve seca de un total de 200 cavidades. Se aplicó un riego pesado para que las semillas y el sustrato quedaran completamente húmedas y se taparon con un plástico negro para acelerar el proceso de germinación y se siguió con un riego constante hasta el día del trasplante.

3.4.2 Trasplante

Las plantas germinaron a los 6 días de haber sido depositado en la charola de nieve seca, y a los 30 días después de la siembra. Se realizó el trasplante seleccionando las mejores plantas (uniformes y vigorosas) para trasplantarlas en las macetas de arena con perlita, para completar su ciclo.

3.5 Preparación de soluciones nutritivas

Para la preparación de las soluciones nutritivas se utilizaron fertilizantes comerciales.

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la preparación de las soluciones nutritivas para los tratamientos de estudio.

Nombre	Formula	% de nutrientes que aporta				
		SO ₄	Ca	Mg	k	NO ₃
Sulfato de calcio	Ca (SO ₄)	18	20			
Sulfato de magnesio	Mg (SO ₄)	19.35		9.78		
Sulfato de potasio	K ₂ (SO ₄)	27			42.64	
Nitrato de potasio	K ₂ (NO ₃)	4			46	12
Nitrato de magnesio	Mg(NO ₃)			15		11
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	75%			Ø 1.88	

Ø= Densidad

3.5.1 Riegos y fertilización

El primer riego efectuado con las soluciones nutritivas se realizó a los 25 días después de la germinación de la semilla, hasta la cosecha, de igual manera

con los demás tratamientos. Se les aplicó 500 ml de solución nutritiva por el día y 500 mililitros por la tarde a cada maceta, teniendo como riego total por maceta 1 L diario de solución nutritiva a cada tratamiento.

3.5.2 Aplicación de micronutrientes

Se aplicaron antes de que la planta empezara a mostrar síntomas de deficiencia de algún microelemento, por lo general de Fierro. Para esto se utilizó fertilizante quelatado con nombre comercial “Librel® Mix-AL”

Las dosis de microelementos aplicadas a cada tratamiento con una concentración de Fierro fueron de $0.024L^{-1}$

3.5.3 Tutorado

El tutorado se utilizó rafia para que la panta de pepino sea guiada por esta y por medio de los zarcillos sea sostenida en la rafia.

3.5.4 Polinización

La polinización se efectuó mediante la utilización de un cepillo eléctrico dental diariamente desde el inicio de la floración y hasta el amarre de fruto entre las 10:00 am hasta la 12:00 am.

3.5.5 Plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron algunas plagas tales como: mosquita blanca, de las cuales no transmitieron ninguna enfermedad al cultivo.

Para controlar la plaga de mosca blanca se aplicó DDVP 50 CE 2 ml por litro de agua.

3.5.6 Cosecha

Esta se realizó cuando el fruto se observó que ya tenía su madurez fisiológica, se realizaron las cosechas a los 80 días después del trasplante.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Altura de la planta

Esta actividad se realizó a los 80 días después del trasplante, se midieron cada una de las plantas con una cinta métrica y posteriormente se registraron los datos en cm.

3.6.2 Diámetro de tallo

Esto se realizó al momento de medir la altura de las plantas, al mismo tiempo se tomó el diámetro de tallo a una altura de 30 cm, del cual se utilizó un vernier digital y de igual manera registrar los datos en cm.

3.6.3 Área foliar

El área foliar puede medirse por métodos destructivos o no destructivos. Muchos métodos han sido diseñados hasta ahora para facilitar la medición del área foliar mediante usos de medidores electrónicos. Una de la más utilizada en

forma directa (no destructiva) es la estimación del área foliar por ecuaciones matemáticas con medidas lineales simple como: la longitud (L) y ancho (W) máximo de la hoja, que generalmente tienen alta exactitud cómo ha demostrado Robbins y Pharr, (1987) en cultivo de pepino y entre otros cultivos hortícolas, y comprobados por Blanco y Folegatti, (2005) y Olfati *et al.*, (2010).

Este procedimiento es adecuado para baja densidad de plantas que crecen en macetas de experimentos controlados, y cuando el equipo no está disponible.

$$AF = 0.89 (L) (W) - 20.58$$

En donde:

AF: área foliar (cm²)

0.89 y 20.58 (valores constante)

L: longitud de la hoja desde la base hasta el ápice opuesto (cm)

W: ancho máximo de la hoja entre los dos ápices laterales (cm)

3.6.4 Peso fresco del vástago

Para poder determinar el peso fresco total de la planta se utilizó una balanza electrónica de precisión modelo: bapred-3 mara *Rhino*; de la cual los pesos de tallo, hoja y raíz se obtuvieron mediante la báscula para posteriormente ser registrados. Los datos obtenidos se registraron en gramos.

3.6.5 Peso seco del vástago y raíz de la planta

Para determinar el peso seco total de materia seca de las hojas, tallo y raíz se utilizó una estufa del laboratorio marca crisol. El material a secar se metió a la estufa a una temperatura de 45 °C por 72 horas. Después se pesó la materia seca y se registraron los datos en gramos.

3.6.6 Número de frutos

Los números de frutos se registraron después de la cosecha, se sacó un promedio por tratamiento.

3.6.7 Medición indirecta de clorofila

Esta variable se determinó al colocar la hoja en las pinzas del medidor (SPAD-502), de ahí se registra una lectura con el contenido de clorofila. La medición de clorofila se realizó en hojas jóvenes completamente expandidas correspondiente a tres planas por tratamiento; en cada hoja se realizaron tres mediciones y con el mismo equipo se registró el promedio general.

3.6.8 Extracción celular en peciolo Nitrato y potasio

Para poder determinar los análisis de N-NO_3^- y K^+ , se utilizaron los equipos ionómetro específico **portátil Medidor de Potasio Horiba Cardy C-131** y **medidor de Nitrato Horiba Cardy**. Para realizar esta determinación, en cada repetición de tratamiento se analizaron tres plantas con pecíolos de las hojas

maduras completamente desarrolladas en periodo de fructificación, cubriendo un total de 12 plantas. Las lecturas fueron a partir de las 10:00 am, donde fueron depositados dentro de un exprimidor de ajo inoxidable, para extraer el jugo celular. Posteriormente se depositaron en el sensor ionómetro, hasta cubrirlo por completo y se registró la lectura de la pantalla. Estos Análisis se efectuaron *in situ* (Leyva *et al.*, 2005).

Cuadro 4 rango de N-NO₃ y K en el extracto celular de peciolo (ECP) en hojas de cucurbitácea (Sánchez, 2009)

Cultivo	Etapa de crecimiento	Concentración de nutrientes	
		Peciolo (mg/L)	
		N-NO ₃ ⁻	K ⁺
	Etapa vegetativa	1000-1200	
Pepino	Inicio de floración	900-1000	N/R
	Fructificación	700-900	

Ion potasio (K) no se tiene reporte. Con el ionómetro cardy Horiba. Hochmuth, 1994; Sánchez, 2009.

3.6.9 Peso, largo, ancho y firmeza del fruto

Esta variable evaluada fue al momento de la cosecha; para la toma de peso se utilizó una báscula digital para posteriormente registrar los datos obtenidos en gramos. Y para poder medir largo y ancho del fruto se utilizó un vernier de la cual se registraron los datos en centímetros. Para la dureza del fruto se utilizó un Penetrómetro Digital para fruta - PTR200 para posteriormente registrarlos en unidades Newton

3.6.10 Concentración de sólidos solubles en el fruto

Para obtener esta variable se utilizó el refractómetro ATAGO (Master 2311), del cual el fruto se le hizo un corte transversal del pepino y se extrajeron dos gotas y se colocaron en el aparato de los cuales arrojó los datos y esos fueron los que se registraron por tratamiento.

3.6.11 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza. Las diferencias entre medias fueron determinadas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) usando el software SAS (2005).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables evaluadas

Se tomaron plantas completamente al azar, en la fase de crecimiento y desarrollo, para determinar los aspectos biométricos como el número de hojas, longitud del tallo, número de zarcillos, número de flores y frutos por planta, longitud del fruto y rendimiento durante el ciclo del cultivo (Acevedo, 2002).

4.2 Altura de la planta

En los tratamientos estudiados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la altura de la planta de pepino (Figura 1), ya que, la altura de la planta en los cuatro tratamientos fueron estadísticamente iguales. Sin embargo en términos numéricos la solución nutritiva con $9.6 \text{ me L}^{-1}\text{K}^+$ presentó mayor altura promedio 173.33 cm , seguido por el tratamiento $11.8 \text{ me L}^{-1}\text{K}^+$ con 164 cm de altura; mientras que el tratamiento $7 \text{ me L}^{-1}\text{K}^+$ obtuvo una altura de 149.33 cm promedio; en cambio la menor altura fue para el tratamiento $4.2 \text{ me L}^{-1}\text{K}^+$ con 145.67 cm .

Valores similares obtuvo Preciado *et al.*, (2002) que con una concentración de $10 \text{ me L}^{-1}\text{K}^+$ obtuvo los mayores valores en altura de planta.

Lo cual indica que altas dosis de potasio inhibe la elongación celular para el crecimiento del tallo. Estos resultados indican que altas concentraciones de K en

la solución nutritiva inhibe la absorción de Ca, nutrimento requerido para la elongación y división celular (Ammann y Blatt, 2009).

De acuerdo con los resultados anteriores, ambos tratamientos respondieron igual a la concentración de K^+ en la solución nutritiva. Sin embargo los resultados obtenidos permiten suponer que niveles altos de potasio detienen el crecimiento y acortan los entrenudos como se muestra en la Figura 1 en el tratamiento 4 con $11.8 \text{ me l}^{-1} K^+$ muestra menor altura debido al alto contenido de potasio en la solución.

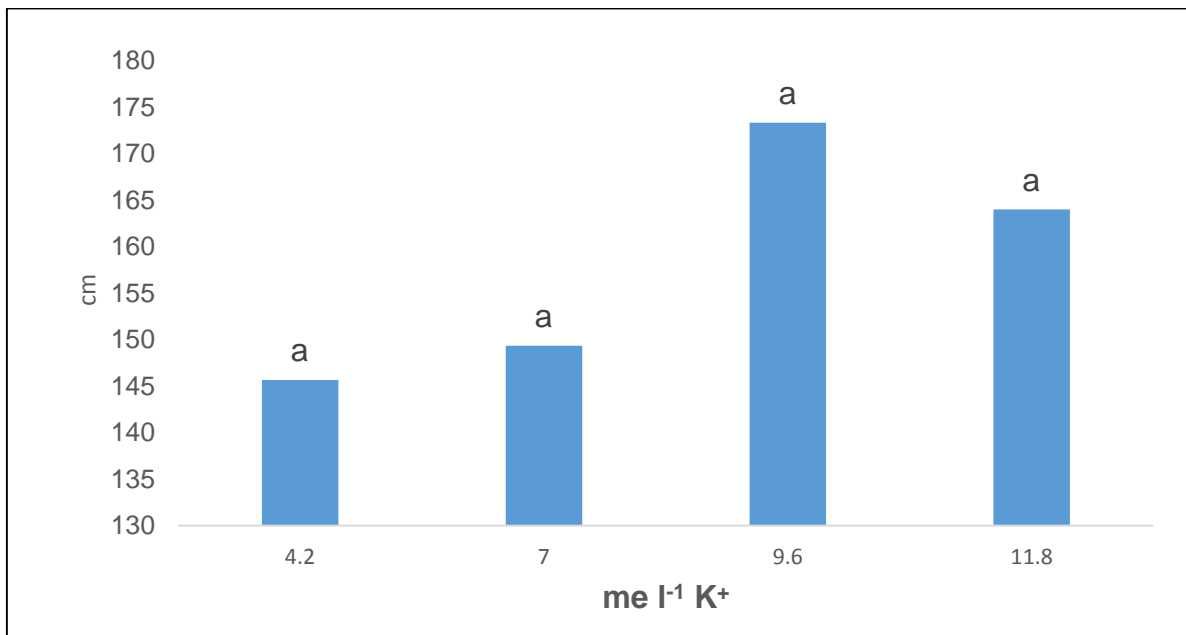


Figura 1. Altura promedio de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K, en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.3 Diámetro de tallo

En los tratamientos estudiados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el diámetro de tallo (DT) (Figura 2), ya que, el diámetro del tallo de la planta en los cuatro tratamientos fue estadísticamente iguales. Sin embargo en términos numéricos la solución nutritiva con $11.8 \text{ me l}^{-1}\text{K}^+$ presentó mayor diámetro de tallo con un valor de $.53 \text{ cm}$, mientras que los tratamientos con; $4.2 \text{ me l}^{-1}\text{K}^+$, $7 \text{ me l}^{-1}\text{K}^+$ y $9 \text{ me l}^{-1}\text{K}^+$, presentaron el mismo diámetro de tallo que fue $.5 \text{ cm}$.

El diámetro de tallo es un buen indicador del vigor de las plántulas, ya que refleja directamente la acumulación de fotosintatos, los cuales posteriormente pueden trastocarse a los sitios de demanda (Preciado *et al.*, 2002). Como consecuencia a un mayor diámetro de tallo, aumenta la capacidad de sostén y de transporte de fotosintatos (carbohidratos y otros compuestos que se producen durante la fotosíntesis) entre las raíces y las hojas. (Acedo, 2008)

En este estudio con pepino se encontró que los cuatro tratamientos fueron estadísticamente iguales en diámetro de tallo. Sin embargo el tratamiento 4 presento mayor diámetro de tallo esto se debe al alto contenido de potasio en la solución nutritiva.

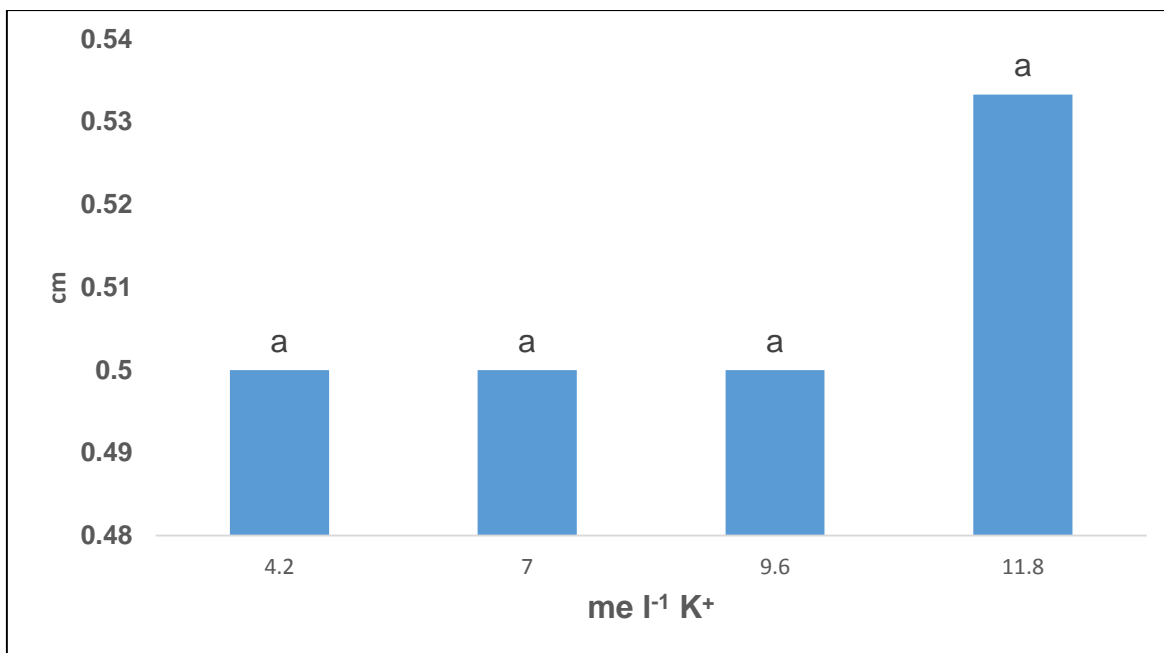


Figura 2. Diámetro del tallo de plantas de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.4 Área foliar

El área foliar es un factor determinante de la intercepción de luz en consecuencia de la transpiración, y fotosíntesis, así como la tasa de desarrollo y la productividad de la planta (Folegatti y Blanco, 2000).

En los tratamientos evaluados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el área foliar (Figura 3), ya que, el área foliar en los cuatro tratamientos fueron estadísticamente iguales. Sin embargo en términos numéricos la solución nutritiva con 11.8 me L⁻¹K⁺ se obtuvo 130.37 m² de área foliar, seguida de 9.6 meL⁻¹K⁺ que obtuvo 108.8 cm², mientras que el 7 me L⁻¹ K⁺ registro 107.87 cm² y seguida de 4.2 me L⁻¹K⁺ se obtuvo 104.35 cm².

Lo anterior que concuerda con lo reportado Preciado *et al.*, (2003) en el cultivo de melón, en la cual no se lograron diferencias significativas en el número de hojas y en la absorción nutrimental por efecto del aumento gradual en los porcentajes en la concentración de la solución nutritiva, afirmando que este es un parámetro genético, en cambio el área foliar si es un parámetro modificable por factores externos.

El área foliar y el número de hojas son variables que se deben de tomar en cuenta cuando se evalúa la calidad de las plántulas (Markovie *et al*, 1997). La capacidad de fotosíntesis de las plantas está relacionada con la superficie foliar expresada como índice de área foliar (Kozlowsky *et al*.1991).

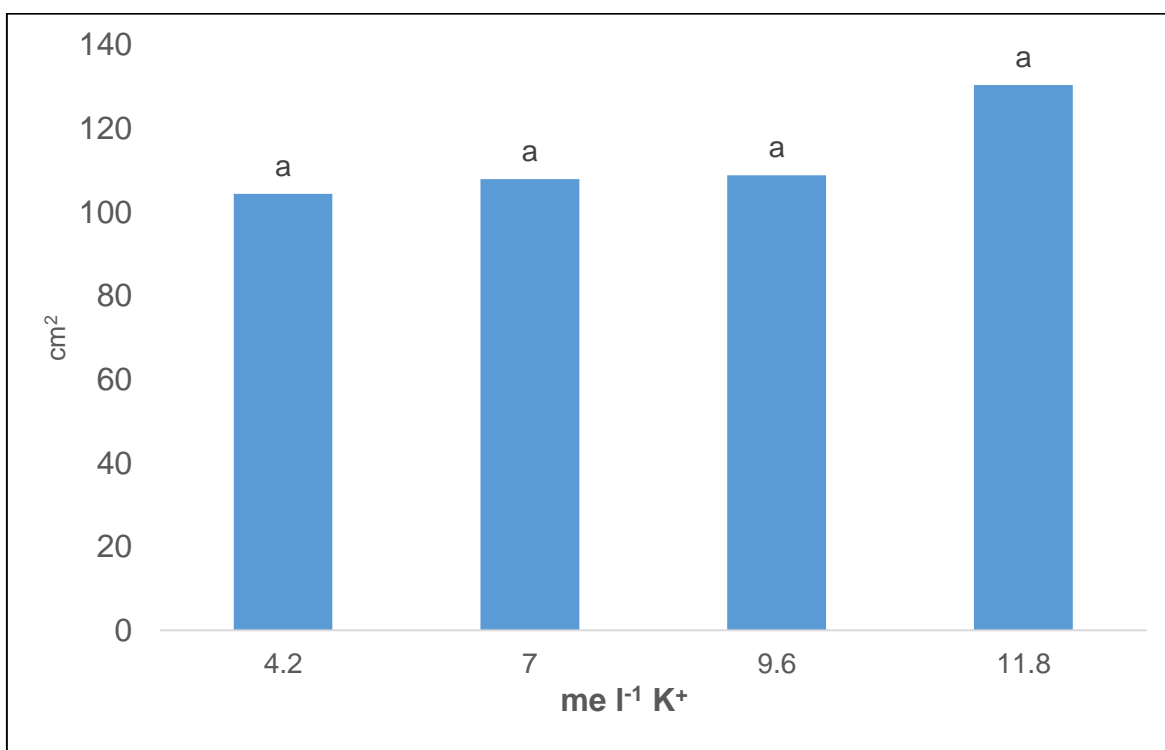


Figura 3. Área foliar en plantas de pepino por efecto de diferentes niveles de K. en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.5 Peso fresco del vástago de la planta

En cuanto a la acumulación de materia fresca, los tratamientos estudiados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso del vástago de la planta de pepino (Figura 4), ya que en los cuatro tratamientos, el peso fresco del vástago de la planta fueron estadísticamente iguales. Sin embargo en términos numéricos la solución nutritiva con $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{K}^+$ presento mayor peso promedio 114.93 grs , seguido por el tratamiento $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{K}^+$ con un peso promedio de 113 gr , mientras que el tratamiento $7 \text{ me L}^{-1} \text{K}^+$ con 111.8 grs. ; en cambio el tratamiento $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{K}^+$ obtuvo un peso menor de 92.13 gr .

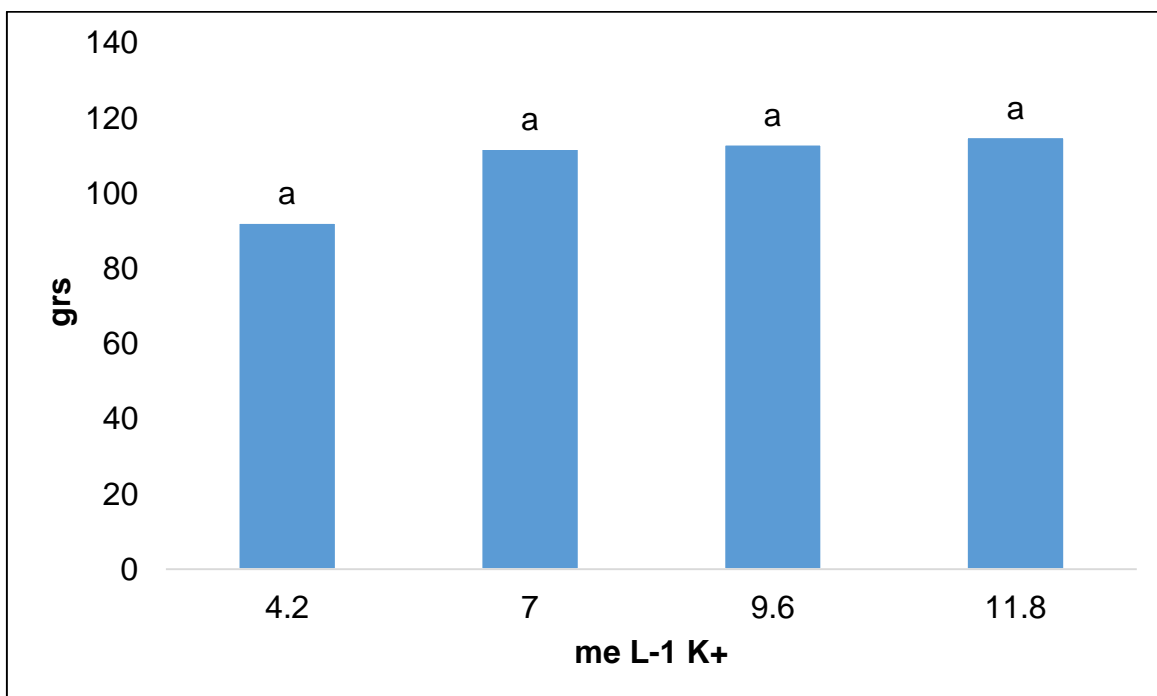


Figura 4. Peso fresco promedio de vástago de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.6 Volumen de raíz

En los tratamientos estudiados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el volumen de raíz (Figura 5), ya que esta variable, en los cuatro tratamientos fue estadísticamente igual.

Sin embargo en términos numéricos el tratamiento con mayor volumen de raíz fue el tratamiento que en la solución tuvo una concentración de $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ obtuvo 64.67 ml. seguida del tratamiento $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con 54.67 ml.

El tratamiento que tuvo una concentración de $7 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ presento 49 ml mientras que la solución que tuvo $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ fué el menor con 45 ml.

En salvia (*Salvia splendens* L.), Jong-Go (2004) encontró que altas concentraciones de nutrimentos en la solución nutritiva provocan incrementos en el crecimiento de raíz. Lo que se observó en este trabajo que altas concentraciones de K^+ aumentan el volumen de raíz pudiendo así absorber mayor cantidad de nutrimentos para su desarrollo.

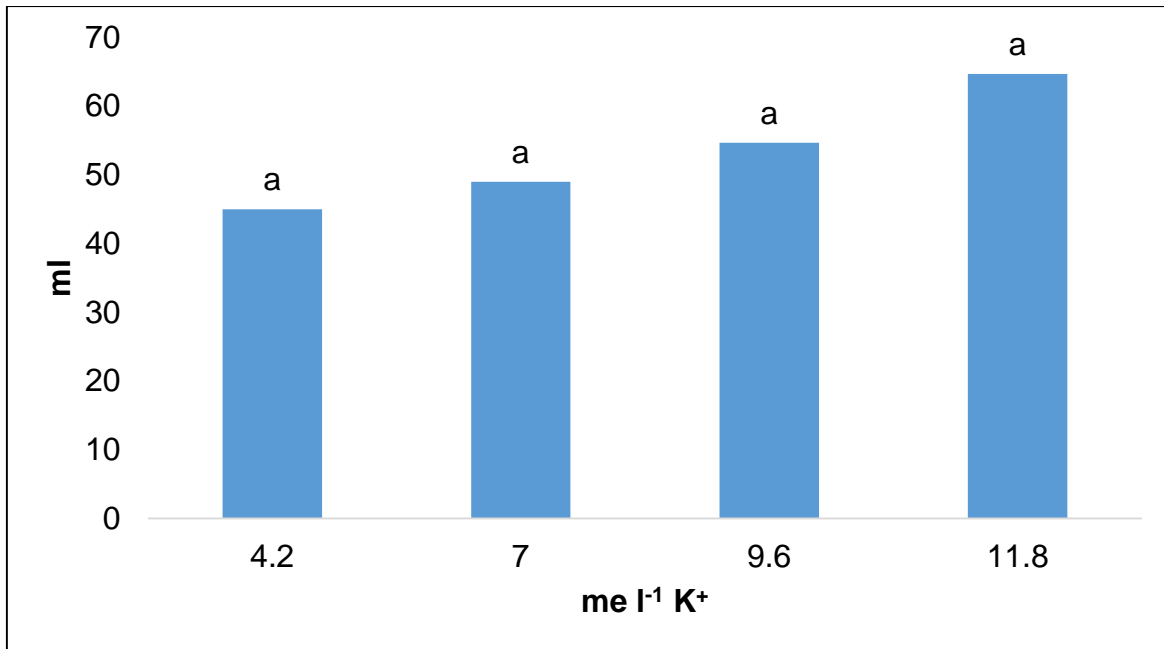


Figura 5. Volumen de raíz de plantas de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.7 Peso seco del vástago

El análisis de varianza para el peso seco del vástago no presentó diferencia significativa (Figura 6). Sin embargo en el tratamiento con solución nutritiva con un contenido de $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^{+}$ obtuvo el mayor peso del vástago con 12.133 g , seguido del tratamiento donde las plantas se regaron con la SN con un contenido de $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^{+}$ con un peso de 12.067 g por plántula. Mientras que la solución nutritiva con $7 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^{+}$ obtuvo un peso de 11.733 gr sin embargo el tratamiento que obtuvo menor peso fue la SN con $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^{+}$ con 9.533 gr .

La importancia fisiológica peso seco del vástago indica que las plántulas, tienen un mayor vigor, y por lo tanto un mayor absorción de N y otros nutrimentos.

El peso seco de las plantas tiene efectos favorables en el crecimiento, desarrollo y abundancia radicular de las plántulas, lo cual es de gran importancia para un mejor enraizamiento y además de tener la ventaja de absorber más agua y nutrimentos con mayor facilidad. Igual comportamiento se obtuvo para otras variables del crecimiento de pepino como acumulación de materia seca de tallos, materia seca de hojas, materia seca de zarcillos y materia seca total (Barraza, 2012).

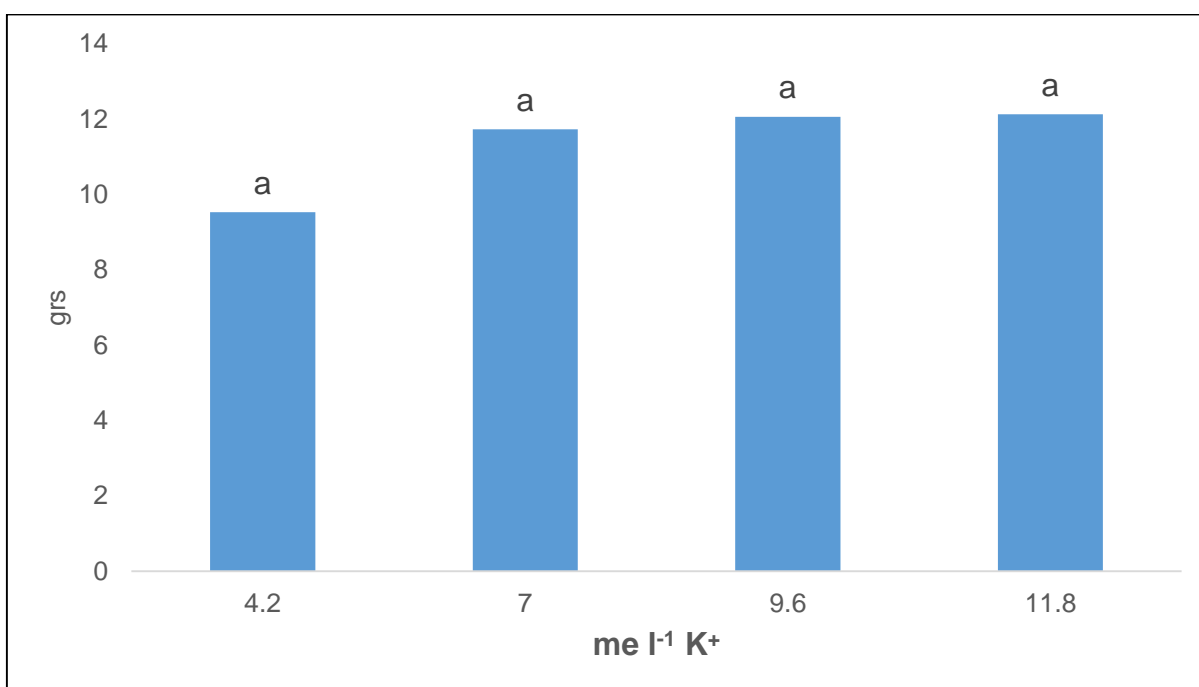


Figura 6. Peso seco del vástago de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.8 Peso seco de la raíz

El análisis de varianza para el peso seco de raíz no mostró diferencias significativas, el tratamiento con mayor peso seco de raíz fue el tratamiento 4, con un nivel de K 11.8 me L^{-1} se obtuvo 6.3 gr (Figura 7).

Al incrementar el peso seco de las plantas, tiene efectos favorables en el crecimiento, desarrollo y abundancia radical de las plantas, lo cual es de gran importancia para un mejor enraizamiento y hacer una planta más tolerante al acame, además de tener la ventaja de absorber más agua y nutrientes con mayor facilidad.

Dosis relativamente altas de K incrementan el diámetro del tallo y la altura de planta, sin disminuir el peso seco de la raíz (Tremblay y Senécal, 1988).

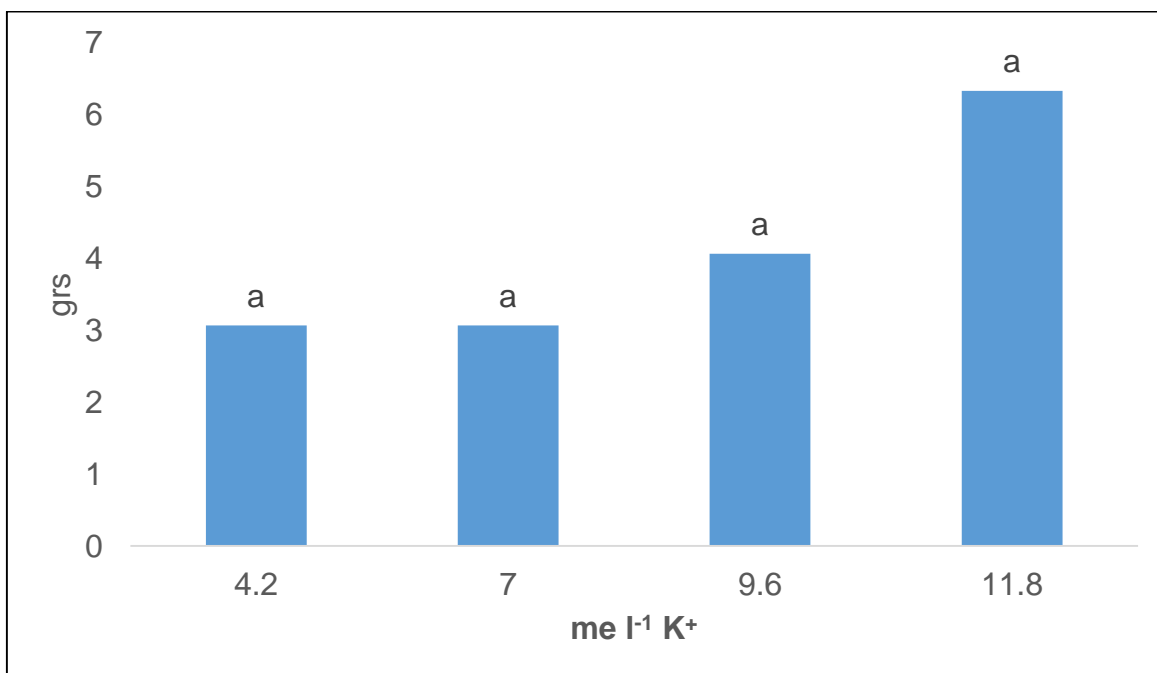


Figura 7. Peso seco promedio de raíz de la planta pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.9 Número de frutos

El análisis de varianza para el número de frutos presentó diferencia significativa (Figura 8), en la cual el tratamiento con solución nutritiva con un contenido de $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ obtuvo el mayor número de frutos con 12, seguido del tratamiento, $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con 11.667 frutos por plántula. Mientras que la solución nutritiva con $7 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ obtuvo 8.333 frutos sin embargo el tratamiento que obtuvo menor número de frutos fue el tratamiento $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con 8 frutos promedio.

Lo que podría estar relacionado con la cantidad de nutrientes aplicada con dicha concentración (Verheul *et al.*, 2013).

En este trabajo se observó que a mayor niveles de potasio, es mayor el número de frutos por planta.

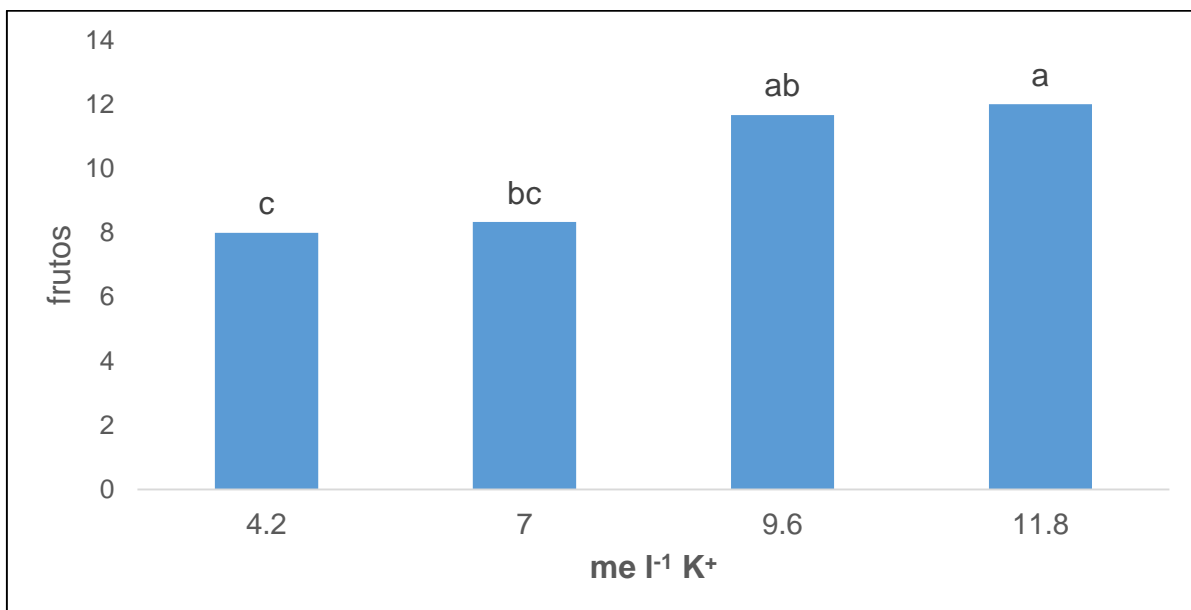


Figura 8. Número de frutos promedio por planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$)

4.10 Medición indirecta de clorofila

El análisis de varianza para determinar las unidades SPAD presentó diferencia significativa (Figura 9), en la cual el tratamiento con solución nutritiva con un contenido de 7 me L⁻¹ K⁺ obtuvo mayor cantidad de clorofila con 55.3 unidades SPAD, seguido del tratamiento, 4.2 me L⁻¹ K⁺ con 52.233 unidades SPAD. Mientras que la solución nutritiva con 9.6 me L⁻¹ K⁺ obtuvo 50.5 unidades SPAD, sin embargo el tratamiento que obtuvo menor unidades SPAD fue 11.8 me L⁻¹ K⁺ con 47.667 unidades SPAD.

Un mayor contenido de clorofila es un buen indicador de vigor en la planta por lo cual podemos asumir que las plantas con alto contenido de clorofila, absorbieron mejor el agua y los nutrimentos. Existe una correlación entre las lecturas SPAD con la concentración de clorofila extractable y contenido de N (Rodríguez *et al.*, 1998).

Lo anterior se manifestó en mejor calidad de frutos, teniendo en cuenta que dicha sustancia es responsable del color verde, el cual es el índice de calidad más importante para pepinos junto con la forma y la firmeza (Booij *et al.*, 1996; Schouten *et al.*, 2004; Yong *et al.*, 2013), y se ha encontrado alta correlación entre el intenso color verde y la mayor cantidad de nutrimentos aplicada al cultivo (Gómez *et al.*, 2006).

Estos valores han sido correlacionados directamente con el contenido y actividad de la clorofila (Ruiz *et al.*, 2010) y con el contenido de nitrógeno en plantas de tomate (Rezende y de Aranja, 2006; Mercado *et al.*, 2010).

Al respecto, Hawkins *et al.* (2009) y Fang *et al.* (2010) mencionan que las lecturas SPAD pueden ser utilizadas para monitorear el contenido de N en la hoja.

Lo que indica en esta investigación que a mayor concentración de potasio en la solución nutritiva afecta la concentración de unidades SPAD en las hojas.

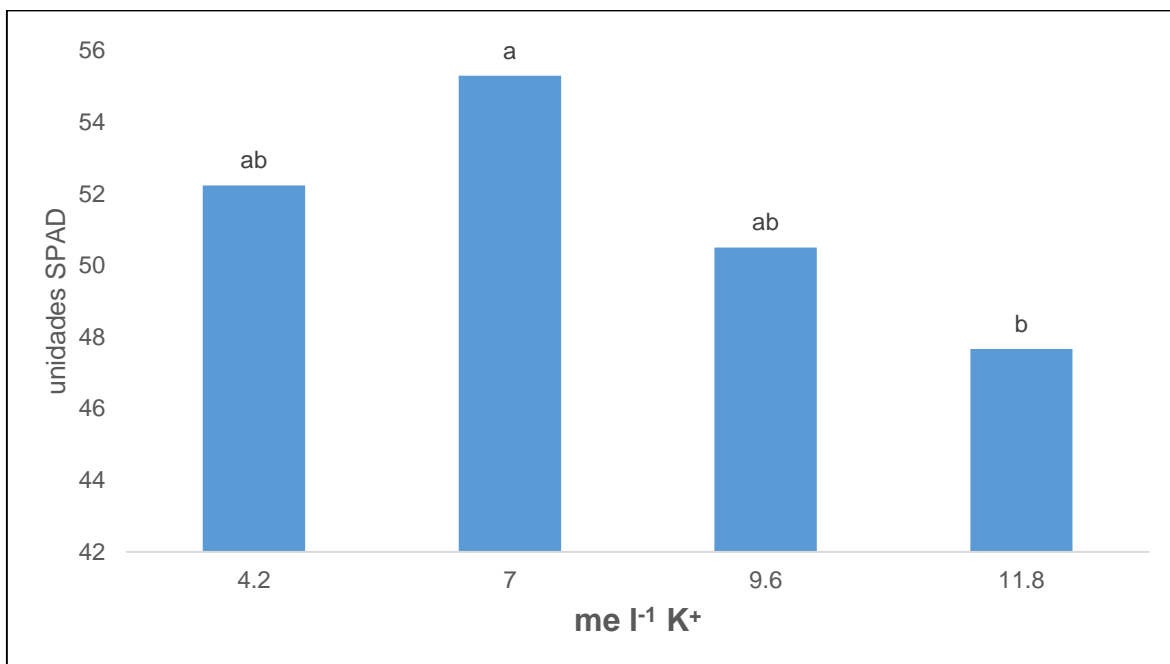


Figura 9. Valores SPAD en hojas de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.11 Contenido de nitrato en peciolo

El análisis de varianza para determinar la concentración de nitrato en peciolo presentó diferencia significativa (Figura 10), en la cual el tratamiento con

solución nutritiva con un contenido de $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ obtuvo mayor cantidad de nitrato con 8233 mg L^{-1} , seguido del tratamiento, $7 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con 5300 mg L^{-1} . Mientras que la solución nutritiva con $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ obtuvo 5100 mg/l , sin embargo el tratamiento que obtuvo menor concentración de nitrato en peciolo fue el tratamiento $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con 2633 mg L^{-1} .

La concentración de N-NO_3^- en el extracto celular de pecíolos es un indicador que refleja el estado nutrimental de la planta como respuesta a diferentes condiciones del medio de crecimiento, y en este caso en particular es un reflejo de la concentración de nitratos de la solución nutritiva aplicada (Taber, 2001; Villarreal *et al.*, 2009), El contenido de nitrato es un indicador de la disponibilidad de nitrógeno (N) a partir del peciolo (Pérez *et al.*, 2007).

La concentración de nitrato en peciolo obtenidos para el tratamiento 4.2 , 7 y $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ se encuentran dentro del rango establecido para el cultivo de pepino en periodo de fructificación ($400\text{-}900 \text{ mgL}^{-1}$) (Sánchez 2009). Mientras que el tratamiento con una concentración $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ obtuvo valores menores a los establecidos por (Sánchez 2009).

Lo que indica que a mayor concentración de potasio en la solución nutritiva disminuye el contenido de nitrato en peciolo mientras que dosis bajas de concentración de potasio en la solución nutritiva aumenta la concentración de nitrato en peciolo.

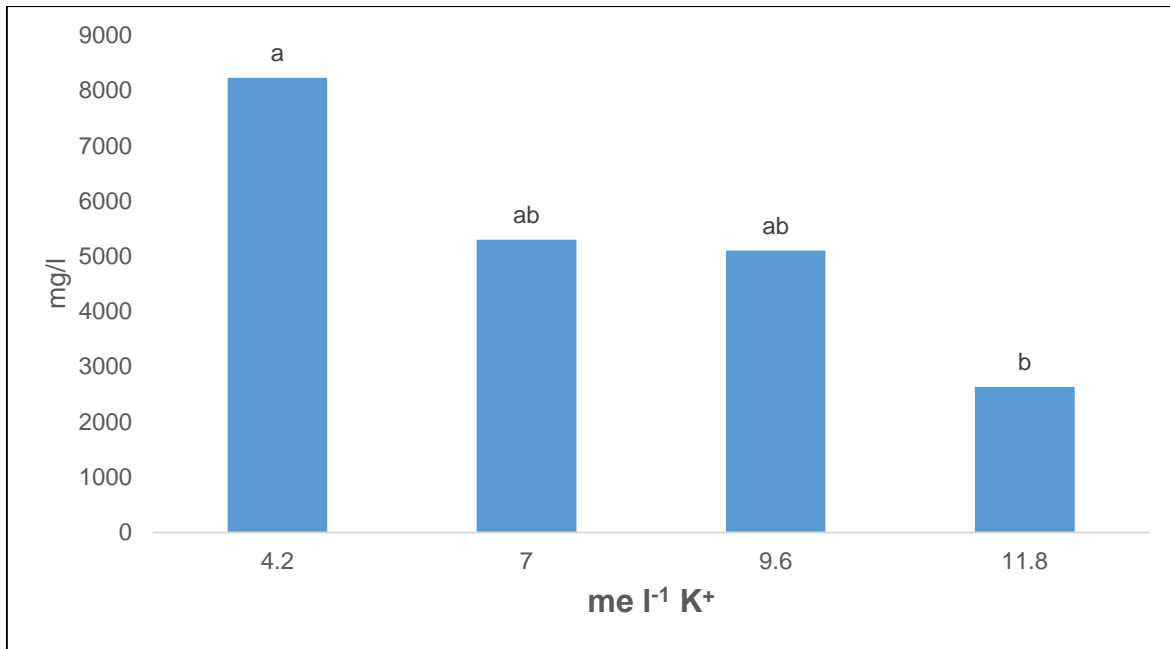


Figura 10. Concentración de nitrato en peciolo de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.12 Contenido de potasio en peciolo

El análisis de varianza para determinar la concentración de potasio en peciolo presentó diferencia significativa (Figura 11) en la cual el tratamiento con solución nutritiva con un contenido de 11.8 me L⁻¹ K⁺ obtuvo mayor cantidad de potasio en peciolo con un contenido de 5533.3 mg/l, seguida del tratamiento 9.6 me L⁻¹K⁺ con 3866.7 mg L⁻¹. Mientras que la solución nutritiva con 7 me L⁻¹ K⁺ obtuvo 3600 mg L⁻¹ sin embargo el tratamiento que obtuvo menor concentración de potasio en peciolo fue el de 4.2 me L⁻¹ K⁺ ya que obtuvo 3033.3 mg L⁻¹

Pino *et al* (2012) menciona que la concentración de potasio en el extracto celular de peciolo aumenta al incrementar la dosis de fertilización, por lo que los

resultados obtenidos entre los tratamientos se debe a altas concentraciones de K en las soluciones nutritivas.

La baja concentración de K respecto al rango óptimo, pueden deberse entre otros factores al tipo de variedad, condiciones de ciclo de cultivo o bien condiciones ambientales al momento de muestreo (Badillo *et al.*, 2001)

Lo que indica que a mayor concentración de potasio en la solución nutritiva eleva los niveles de potasio en peciolo mientras que niveles bajos de potasio en la solución nutritiva disminuye la concentración de potasio en el peciolo.

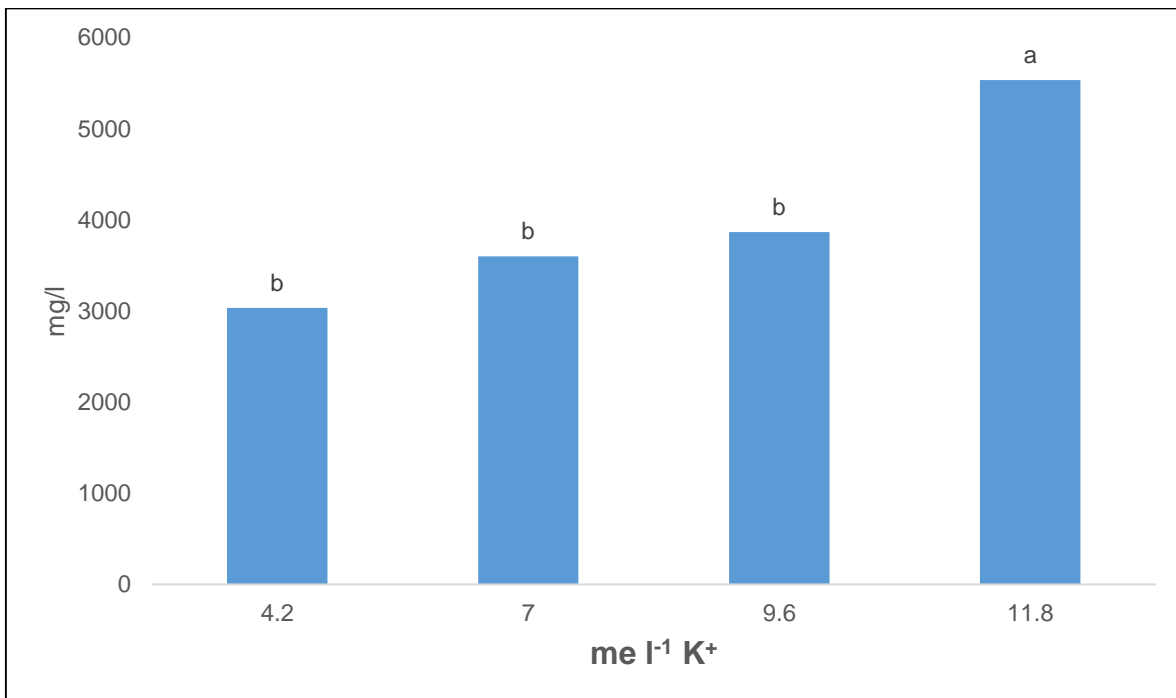


Figura 11. Concentración de potasio en peciolo de planta de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.13 **Peso, largo, ancho y dureza del fruto**

La buena calidad de los frutos de pepino está principalmente representada en la uniformidad de la forma, firmeza, color verde oscuro del exocarpo, tamaño y ausencia de defectos de crecimiento o manejo, así como de pudriciones y amarillamientos (Suslov y Cantwell, 2012)

4.14 **Peso del fruto**

En los tratamientos estudiados se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso del fruto (Figura 12), ya que, el peso del fruto en los cuatro tratamientos fue estadísticamente diferentes. El tratamiento que obtuvo más peso de fruto fue el de $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con 230 gr mientras que la solución nutritiva con $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ presentó 227.47 gr el tratamiento con una concentración de $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}$ obtuvo un peso de 217.14 gr y el tratamiento que obtuvo menor peso en los frutos fue el de $7 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con un peso promedio de 196.67 gr por fruto.

La nutrición potásica constituye un aspecto de manejo agronómico que permite incrementar la acidez titulable, firmeza, uniformizar la maduración y lograr un mejor sabor de fruto (Ho y Adams, 1995).

En plantas de tomate, en la formación y crecimiento de frutos demandan altas cantidades de K en la solución nutritiva (Adams, 1994; Burgatin *et al.*, 2002).

. Lo que indica que a mayor concentración de potasio en la solución nutritiva, incrementa el peso del fruto. Mientras que en dosis bajas disminuye el peso de las mismas.

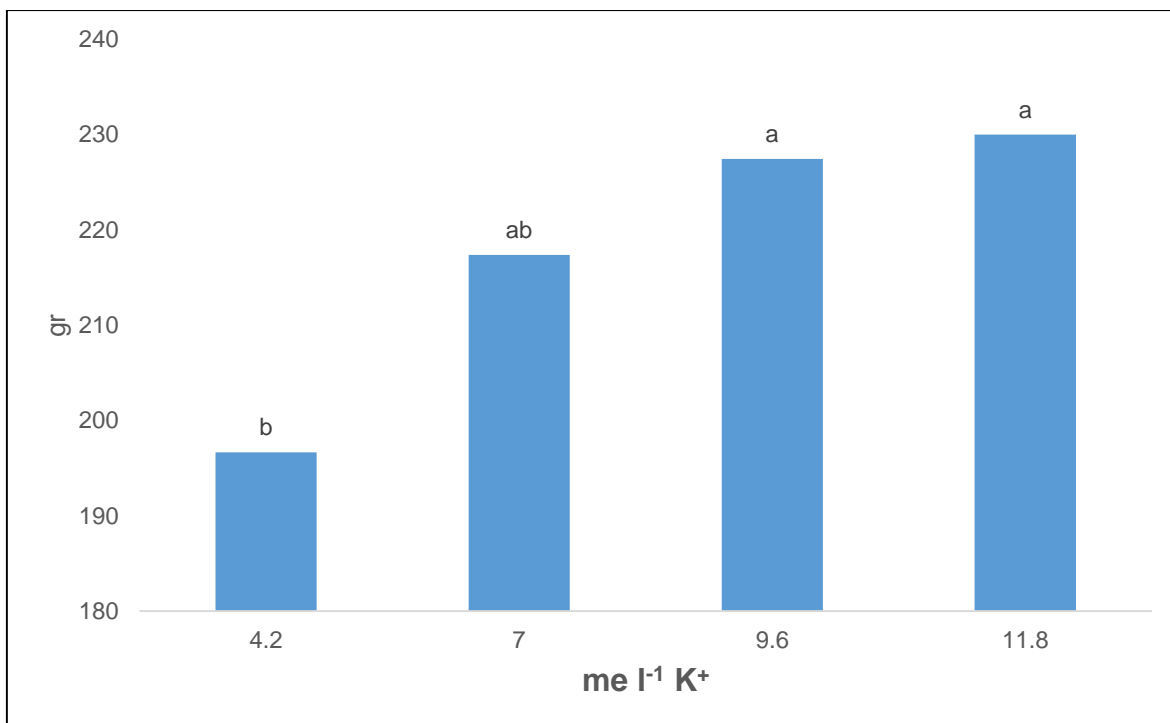


Figura 12. Peso promedio del fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.15 Longitud de fruto

En los tratamientos estudiados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la longitud de frutos de la planta de pepino (Figura 13), ya que, la longitud del fruto en los cuatro tratamientos fue estadísticamente iguales. El tratamiento que obtuvo mayor longitud de fruto fué el de 11.8 me L⁻¹ K⁺ con 17.88 cm., mientras que la solución nutritiva con 9.6 me L⁻¹ K⁺ presento 17.85 cm, el tratamiento con una concentración de 7 me L⁻¹ K obtuvo una longitud de 17.82 cm, y el tratamiento que obtuvo menor longitud en los frutos fué el de 4.2 me L⁻¹ K⁺ con una longitud promedio de 17.8 cm.

Cantlife (1977), en su evaluación de la calidad del fruto del pepino en Ontario, Canadá, no encontró que las variables largo y diámetro del fruto fuesen influenciadas por fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, Bradley et al. (1961), observaron que dosis inadecuadas de nitrógeno y potasio afectaron el tamaño y la forma de los frutos del pepino.

Los resultados obtenidos indican que mayor concentración de potasio en la solución nutritiva, mayor es la longitud de fruto y a menor dosis de potasio la longitud de fruto disminuye.

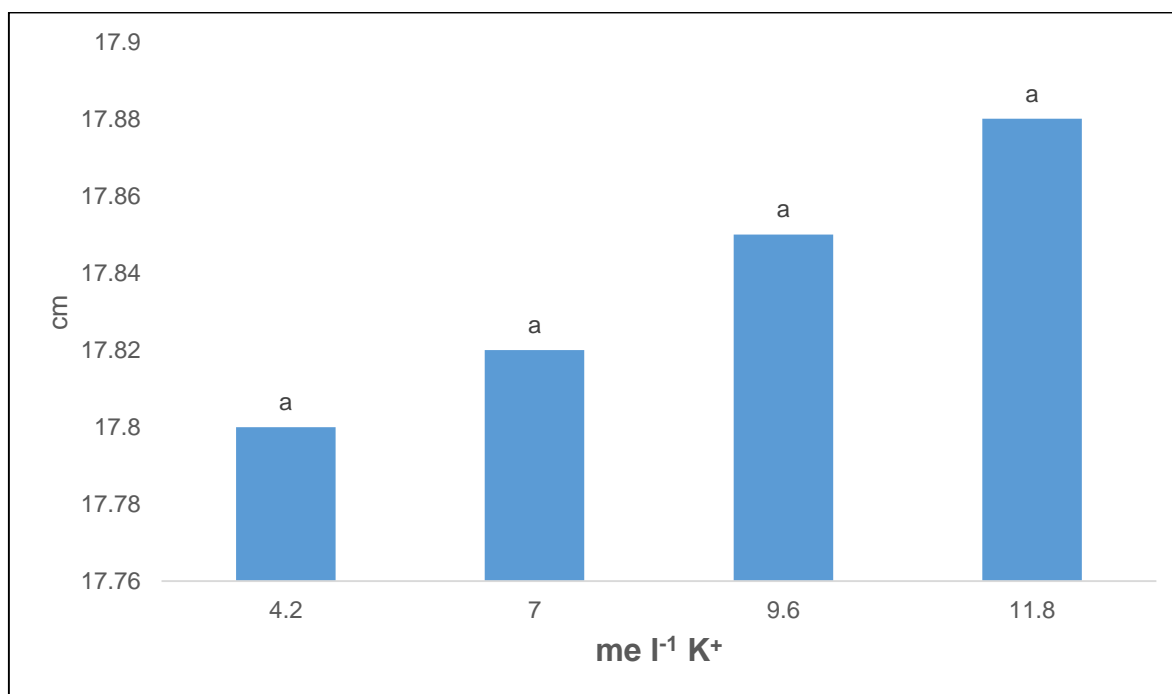


Figura 13. Longitud del fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.16 Diámetro del fruto

En los tratamientos estudiados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el diámetro de frutos de la planta de pepino (Figura 14), ya que, el diámetro del fruto en los cuatro tratamientos fue estadísticamente iguales. Los tratamientos que obtuvieron valores similares al diámetro de tallo fueron de las soluciones nutritivas $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ y $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ ya que presentaron 6.5 cm en el diámetro de fruto en ambos tratamientos, el tratamiento con una concentración de $7 \text{ me L}^{-1} \text{ K}$ obtuvo un diámetro de 6.4 cm , y el tratamiento que obtuvo menor diámetro en los frutos fué el de $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con un diámetro promedio de 6.3 cm .

Lo que interpreta que a mayor concentración de potasio en la solución nutritiva aumenta el diámetro de fruto. Mientras que dosis bajas de potasio disminuyen el diámetro.

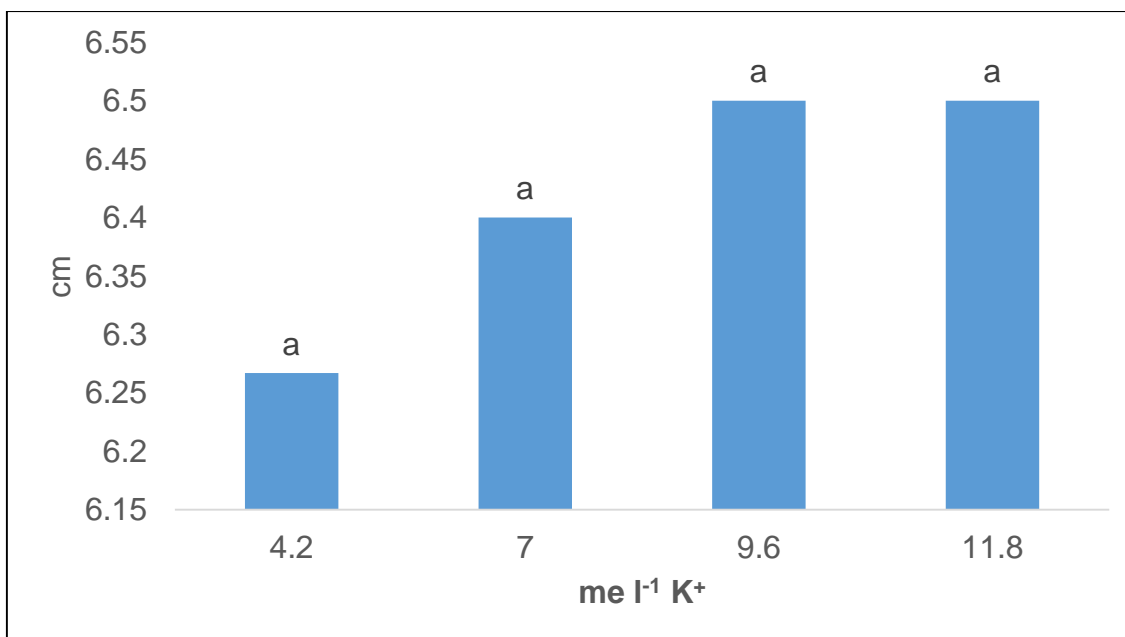


Figura 14. Diámetro promedio de fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.17 Firmeza del fruto

En los tratamientos estudiados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la firmeza de frutos de la planta de pepino (Figura 15), ya que, la firmeza del fruto en los cuatro tratamientos fué estadísticamente igual. El tratamiento que obtuvo mayor firmeza de fruto fué el de $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con 17.5 N , mientras que la solución nutritiva con $9.6 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ presentó 16.8 N , el tratamiento con una concentración de $7 \text{ me L}^{-1} \text{ K}$ obtuvo una firmeza de 16.7 N , y el tratamiento que obtuvo menor firmeza en los frutos fué el de $4.2 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ con una firmeza promedio de 15.4 N .

Estudios realizados por (Bugarín-Montoya *et al.*, 2002), encontraron que en soluciones nutritivas con 6 y $9 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ encontraron mayor firmeza en frutos de tomate mientras con un nivel de $3 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$ encontraron menor firmeza. De igual manera en este trabajo a mayor concentración de potasio en la solución nutritiva presenta mayor firmeza en el fruto.

La nutrición potásica constituye un aspecto de manejo agronómico que permite incrementar la acidéz titulable, firmeza, uniformizar la maduración y lograr un mejor sabor de fruto (Ho y Adams, 1995).

En el sentido de favorecimiento de características de calidad en las que son exigentes las hortalizas, el tratamiento que mostro mayor firmeza en el fruto de pepino fue la solución nutritiva con $11.8 \text{ me L}^{-1} \text{ K}^+$.

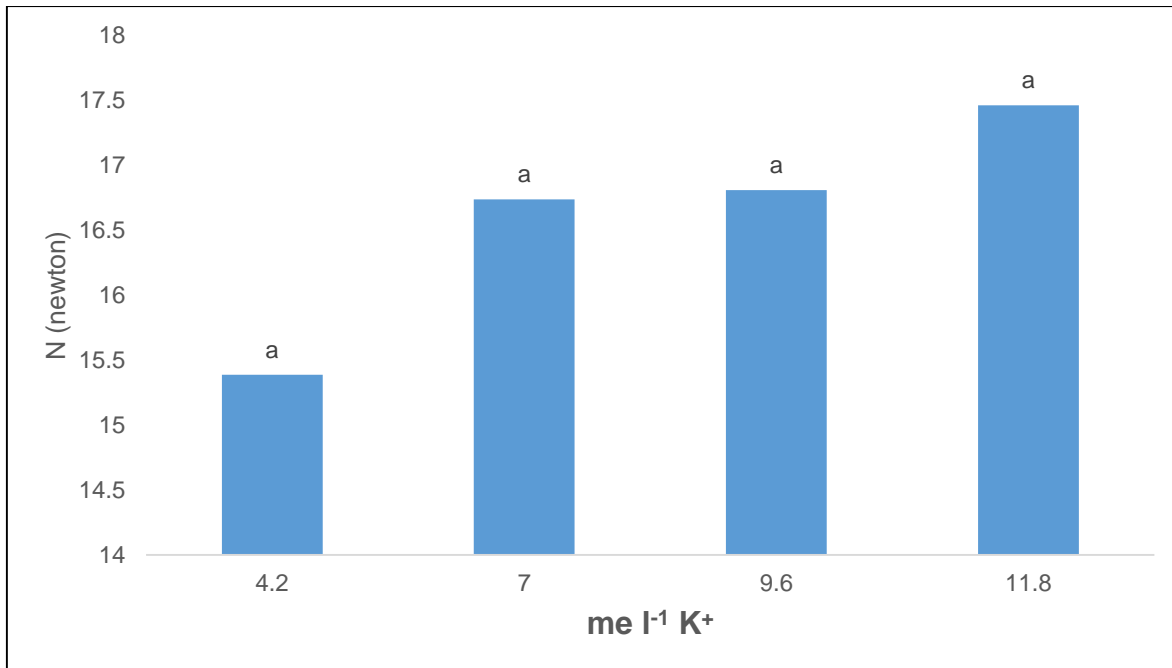


Figura 15. Comparación promedio de la firmeza del fruto de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

4.18 Sólidos solubles totales

En los tratamientos estudiados se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de sólidos solubles (°Brix) de pepino (Figura 16), ya que el contenido de sólidos solubles del fruto en los cuatro tratamientos fue estadísticamente diferente. El tratamiento que obtuvo mayor grados (°Brix) en el fruto fué el de 11.8 me L⁻¹ K⁺ con 5.4 °Brix., mientras que la solución nutritiva con 9.6 me L⁻¹ K⁺ presentó 4.9 °Brix, el tratamiento con una concentración de 7 me L⁻¹ K obtuvo un contenido de 4.4 °Brix, y el tratamiento que obtuvo menor contenido de °Bix fu el de 4.2 me L⁻¹ K con un contenido de 4.3 °Brix.

En cuanto a °Brix, para pepino como fruto no climatérico, no se han reportado altos valores una vez cosechados (Muy *et al.*, 2004; Moreno *et al.*, 2013). Los valores obtenidos en los diferentes tratamientos se encuentran dentro de los rangos indicados por Kleinhenz y Bumgarner (2012) y Anjanappa *et al.*, (2012) que van de los 2.2 a 5.4° Brix, y de acuerdo con Moreno *et al.* (2013) no presentan cambios significativos durante el desarrollo del fruto, como ocurre con los frutos climatéricos.

(Bugarín-Montoya *et al.*, 2002), En su investigación menciona que niveles de 3, 6 y 9 me L⁻¹ K⁺ en la solución nutritiva no encontró diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles en tomate.

En la aplicación de dosis elevadas de potasio presenta mayor concentración de sólidos solubles en fruto de pepino mientras que en la aplicación de dosis bajas de potasio en la solución nutritiva disminuyen la concentración de sólidos solubles en el mismo. Lo que indica que en este experimento la dosis óptima requerida para el fruto de pepino es 11.8 me L⁻¹K⁺)

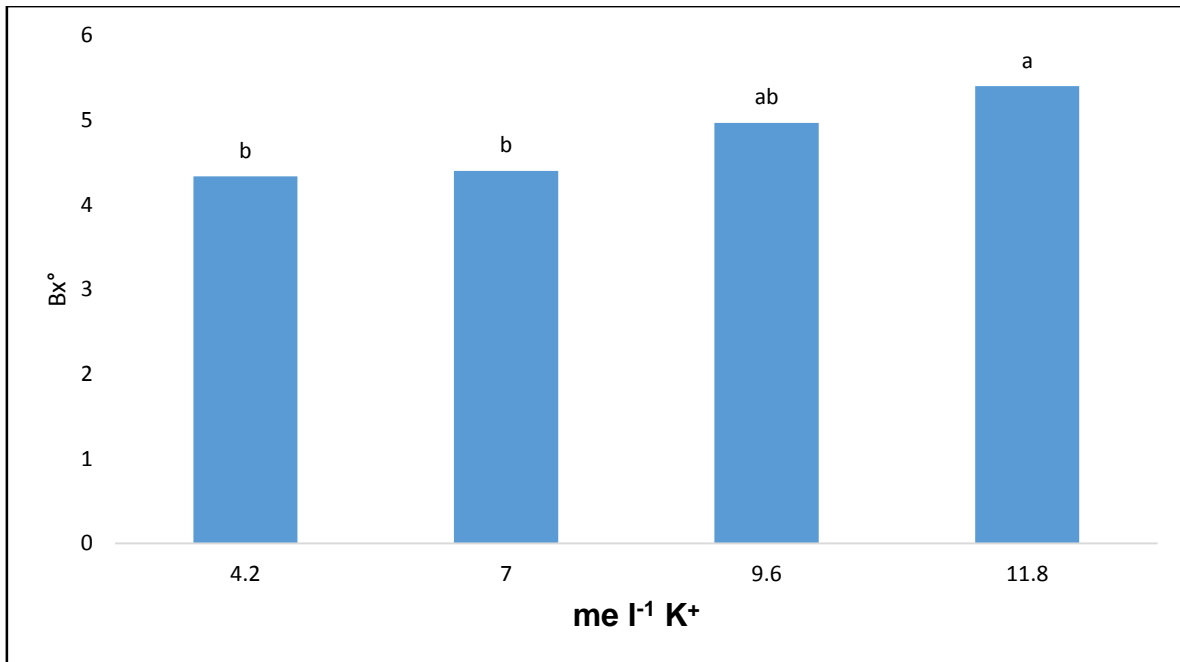


Figura 16. Comparación de medias de grados Brix de pepino por efecto de diferentes niveles de K en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

5 CONCLUSIONES

La concentración de 4.2, 7, 9 y 11.8 me L⁻¹ K⁺ en la solución nutritiva no afectaron la altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, peso del vástago y volumen de raíz.

La mayor concentración de potasio (11.8 me L⁻¹K⁺) estimula una mayor cantidad de frutos por planta.

La mayor calidad de los frutos, se presentaron con 11.8 me L⁻¹ K⁺ ya que los frutos obtuvieron mayor peso y sólidos solubles en los fruto.

El cultivo de pepino tipo americano variedad Paraíso requiere una mayor cantidad de potasio en la solución nutritiva para incrementar la calidad.

6 LITERATURA CITADA

- Acevedo, L. 2002. Caracterización y efectos del vermicompost como enmienda de sustrato sobre el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). Trabajo presentado para optar al grado de Magíster Scientiarum. 105 p.
- Adams P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. *Acta Horticulturae*. 361: 245-257.
- Adams P. (2004) Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. In: Tratado de Cultivo sin Suelo. G. M. Urrestarazu (ed). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 81-111.
- Amtmann A, M R Blatt (2009) Regulation of macronutrient transport. *New Phytol.* 181:35-52.
- Anjanappa, M., J. Venkatesh y S. Kumara. 2012. Growth, yield and quality attributes of cucumber (Cv. Hassan local) as influenced by integrated nutrient management grown under protected condition. *Veg. Sci.* 39, 47-50.
- Armstrong H (2002) Hydroponic tulips at second attempt. *FlowerTECH* 5:8-9.
- Asher, C.J., and D.G. Edwards. 1983. Modern solution culture techniques. pp. 94-119. In: A. Pirson, and M.H. Zimmermann (Ed.). *Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol. 15 - A. Springer-Verlag, Berlin.
- Badillo, T. V., Castellanos, R. J. Z., Sánchez, G. P., Galvis, S. A., Álvarez, S. E., Uvalle, B. J. X., González, E. D., Enríquez, R. S. A. 2001. Niveles de referencia de nitrógeno en tejido vegetal de papa var. Alpha. *Agrociencia* 6: 615-623.
- Barraza A., F.V. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios* 17: 18-29.
- Basocuu, L. y S. Nicola. 1995. Supplementary light and pretransplant nitrogen effects on tomato seedling growth and yield. *Acta Hort.* 396: 313-319.
- Black, C. 1975. Relaciones suelo-planta. Tomo II. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 677 p.
- Blanco, F.F.; Folegattl, M.V.; Nogueira, M.C.S. 2002. Fertirrigação com água salina e seus efeitos na produção do pepino enxertado em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. 20:442-446.
- Bonilla, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talón (eds). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid. pp. 83-91.
- Bonilla, G. y S. Mahecha. 1990. Efecto de la fertilización edáfica y foliar sobre la producción del mango (*Mangifera indica* L.). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 82 p.

- Booij, R., P. De Willigen, A.D.H Kreuzer, A.L. Smith y A. Van Der Werf. 1996. Nitrogen balances during growth of Brussels sprouts and leeks. *Acta Hort.* 428: 31-41.
- Bradley, G. A., J. W. Fleming y R. L. Mayes. 1961. Yield and quality of pickling cucumbers and cantaloupes as affected by fertilization. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 67:28-31.
- Bugarín-Montoya, R., Galvis-Spinola, A., Sánchez-García, P., and García Paredes, D. (2002). Demanda de potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20: 391-399.
- Burés, S. 1998. Introducción a los sustratos. Aspectos Generales. In: *Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal.* Narciso Pastor Sáez. Coordinador. Ediciones de la Universidad de Lleida. España. p19.
- Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 521-530.
- Caldari, J.P. 2007. Manejo de la Luz en Invernaderos. Los beneficios de luz de calidad en el cultivo de hortalizas. I Simposio Internacional de Invernaderos – 2007 - México.
- Cantliffe, D. 1977. Nitrogen fertilizer requirements of pickling cucumbers grown for once-over harvest I. Effect on yield and fresh quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:112-114.
- Cantliffe, D.J. 1998. Transplant production and performance: seed germination for transplant quality. *HortTechnology* 3: 415-418.
- Canul, T.C. 2013. Pimiento (*Capsicum annuum* L.) Cultivado Sobre Películas de Acolchado Plástico de Colores en Condiciones de Casa Sombra: Efecto sobre el Crecimiento, Absorción de Nutrientes y Rendimiento de Frutos. Tesis de Maestría. CIQA. Saltillo, Coahuila, México.
- Carbonneau, A. 2000. Recent developments in grapevine canopy management. *Acta Horticulturae* 526: 109-113.
- Castaños, C.M. 1993. *Horticultura manejo simplificado.* Primera edición en español. Editado por la UACH. Chapingo, México.
- De Grazia J., P. A. Tittonell, and Chiesa A. 2007. The effect of substrates with compost and nitrogenous fertilization on photosynthesis, precocity and pepper (*Capsicum annuum*) yield. *Cien. Inv. Agr. (Chile)* 34: 151-160.
- De Rijck, G. y E. Schrevens. 1998 a. Cationic specification in nutrient solution as a function of pH. *J. Plant Nutr.* 21: 861- 870.
- Donald, C.M. y J. Hamblin. 1983. The convergent evolution of annual seed crops in agriculture. *Adv. Agron.* 36: 97-143.

- Dufault, R.J. 1986. Influence of nutritional conditioning on muskmelon transplant quality and early yield. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111: 698-703.
- Düring H., B. R. Loveys. 1996. Stomatal patchiness of field-grown Sultana leaves: Diurnal changes and light effects. 7-10.
- Epstein E, Bloom AJ. 2005. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*, 2nd edn. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneria, E., Roupael, Y., Azzini, E. and Saccardo, F. (2006). Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *J. Agric. Food Chem.* 54: 4319-4325.
- Fang, L. F.; Feng, L.; Song, Q. J.; Yuan-S. D.; Su, C. L. and Wang, K. 2010. Investigation of SPAD meter-based indices for estimating rice nitrogen status. *Computers and Electronics in Agriculture* 715:560-565.
- Favela, Ch. E; Preciado, R. P; A. Benavides. M. 2006. Manual para preparar soluciones nutritivas. UAAAN. Págs. 145.
- Fawzy, Z. F.; El-Bassiony, A. M.; Li, Y.; Ouyang, Z. and Ghoname, A. A. Effect of mineral, organic and bio-n fertilizers on growth, yield and fruit quality of sweet pepper. *J. App. Sci. Res.* 8:3921-3933.
- Folegatti, M., V.; Blanco, F., F. 2000. Desenvolvimento vegetativo do pepino enxertado irrigado como agua salina. *Scientia Agrícola.* 57:451-457.
- Gálvez H F (2004) El cultivo de pepino en invernadero. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero, 2a ed. R J Castellanos (ed). INTAGRI. Celaya, Gto. México. pp: 282-293.
- García, A.N.R. 2004. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) en tres ciclos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- García, F.; Honda, K. y Gaona, J. 2000. Cultivo de pepino de riego. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental "Zacatepec". Desplegable Informativa Núm. 20. 6 p.
- Gómez, M.D., A. Baille, M.M. González-Real y J.M. Mercader. 2006. Dry matter partitioning of greenhouse cucumber crops as affected by fruit load. *Acta Hort.* 614: 573-578.
- Graves, C.J. y R.G. Hurd. 1983. Intermittent circulation in the nutrient film technique. *Acta Hort.* 133: 47-52.
- Guenko, G. 1983. Fundamentos de la horticultura Cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.

- Hawkins, T.S., Gardiner, E. S., and Comer, G. S. 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *J* 17:123-127.
- Hochmuth G. J. 1994. Efficiency Ranges for Nitrate- Nitrogen and Potassium for Vegetable Petiole Sap Quick Tests. *Hort. Technology*. 4: 218 - 222.
- Ho, L.C. y P. Adams. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. *Acta Hort*. 396: 33-44.
- Hoyos, P. 2001. Influencia de la densidad de plantación sobre la producción en pepino. <http://www.edmo.es/sech/congreso/sa/.htm>. 03/10/2015
- Inifap, 2000. Requerimientos agroecologicos de los cultivos .Mexico DF.
- Jones J. B. (2005) The plant root: its roles and functions. In: *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower*. J. B. Jones (ed.). Ed. CRS Press. USA. pp :19-28
- Jong-Go, K. 2004. Nutrient solution concentration affect shoot: root ratio, leaf area ration, and growth of subirrigated salvia (*Salvia splendens*). *HortScience* 39: 49-54.
- Juárez Hdz. Ma. De J, Gustavo A. B C, Lorenzo A. A. N, Prometeo S. G, Juan Luis T. T, Jaime S. C, Ma. Teresa C. De L. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*. 31: 246-253.
- Kanai S; Ohkura K; Adu-Gyamfi JJ; Mohapatra PK. 2007. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. *Journal of Experimental Botany* 58: 2917-2928.
- Kleinhenz, M.D. y N.R. Bumgarner. 2012. Using °Brix as an indicator of vegetable quality. Linking measured values to crop management. Fact Sheet. Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University, Columbus, OH.
- Kolowski, Tramer PJ., Pallardy, 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic press, INC. Editorial Board, Toronto 657 pp.
- Lao M.T and Jimenez S. 2004, evaluation of almond Shell as a culture substrate for ornamental plants I. characterization. *International Journal of Experimental Botany* .53rd Aniversary. Argentina 69-78 p.
- Lara H. A. 1999, Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra*, 17: 221-229.
- Lester GE, Jifon JL, Makus DJ. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant Soil* 335:117–131.

- Leyva Ruelas G; Sánchez García P; Alcántar González G; Valenzuela Ureta JG; Gavi Reyes F; Martínez Garza A. 2005. Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate. *Rev. Fitotec. Mex.* 28: 145-150.
- Liptay, A., C.A. Jaworsk y S.C. Phatak. 1981. Effect of tomato transplant stem diameter and ethephon treatment on tomato yield, fruit size and number. *Can. J. Plant Sci.* 61: 413-415.
- Lodh, S. y E. Pantastico. 1984. Cambios fisicoquímicos durante el crecimiento de órganos de almacenamiento. pp. 59-76. En: Pantastico, E. (ed.). *Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. 2ª ed. CECOSA, México DF.
- López, C. 2003. Guía técnica cultivo de pepinillo, publicación CENTA El Salvador P. 10 -27.
- Mahmoud, E; Kader A-El, N; Robin, P; Akkal, C. N. and Rahman A. L. 2009. Effects of different organic and inorganic fertilizers on Cucumber yield and some soil properties. *World Journal of Agricultural Sciences*. 5: 408- 414.
- Markovic, V. 1986. The quality of the sweet pepper transplants depending on production methods. *Proceeding of Yugoslav Symposium on intensive Vegetable Production for Healthy Nutrition*.
- Maroto, B. J. V. 2008. *Elementos de horticultura general*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 3ª ed.481.
- Marín, L. y Pérez, H. 1976. Estudio de la distancia de siembra en pepino (*Cucumis sativus*). *Centro agrícola. La Habana, Cuba*. 3 31-2.
- Mercado A, Rico G, Lara A, Soto G, Ocampo R, Herrera G, Torres I (2010) Nitrogen determination on tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) seedlings by color image analysis (RGB). *Afr. J. Biotechnol.* 9: 5326-5332
- Michel J.C 2008. Experience with selected physical methods to characterize the suitability of growing media for plant growth. *Acta Hort. (USA)* 239-250
- Moreno, D., W. Cruz., E. García, A. Ibáñez, J. Barrios y B. Barrios. 2013. Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4, 909-920.
- Muy, D., J. Siller, J. Díaz y B. Valdéz. 2004. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. *Rev. Fitotec. Mex.* 27, 157-165.
- Novoa R, Villagran A. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica* 62:165-171.

- Olfati, J. A., G. Peyvast, H. Shabani and Z. Nosratie-Rad. 2010. An Estimation of Individual Leaf Area in Cabbage and Broccoli Using Non-destructive Methods. *J. Agr. Sci. Tech.* 12: 627-632.
- Ortiz, J.; Sánchez, F.; Mendoza, M. y Torres, A. 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 32:289-294.
- Parera, C.A. and D.J. Cantliffe. 1994. Presowing seed priming. *Horticultural Reviews* 16: 109-141.
- Pastor S. J. N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana (México)* 17:231-235.
- Peil, R. M. y Gálvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 1:5-11.
- Pérez Z. O., M. R. Cigales Rivero and K. G. Pérez Castro. 2007. Nitrógeno y humedad del suelo, concentración nutrimental, rendimiento y calidad de melón cantaloupe. *Terra Latinoamericana.* 25: 177-185.
- Pino, P., Callejas, R., Razeto, B. y Reginato, G. 2012. Análisis químico del extracto peciolar para evaluar el estado nutricional en la vid. *Pesq. agropec. bras., Brasília* 1:111-117.
- Pire R. y Pereira A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del Estado de Lara, Venezuela. *Propuesta metodológica. Bioagro (Venezuela)* 15: 55-64
- Preciado R., P., G. A. Baca C., J. L. Tirado T., J. Kohashi S., L. Tijerina Ch. y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20: 267-276.
- Preciado, R.P. Baca Castillo, G.A. Tirado Torres, J.L. Kohashi Shibata, J. Tijerina Chávez L. Martínez Garza A. 2003. Presión osmótica de la solución nutritiva y la producción de plántulas de melón. *Terra Latinoamericana* 21:461-470.
- Resh H. M. 2001. *Cultivos Hidropónicos*, 5ta edición, Mundi Prensa, Aedos, México, Págs. 547.
- Rezende PC, de Arango Ch (2006) Use of chlorophyll meter and plant visual aspect for nitrogen management in tomato fertigation. *J. Appl. Hort.* 8:8-11.
- Rhoades, J. D. 1993. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. In: Sparks, D.L (ed). *Advances in Agronomy*. Págs.201-251.
- Rincón, C.A, Ligarrete, G.A. 2012. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* pp.122-128.

- Rincón, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
- Robbins, N.S.; Pharr, D.M. Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements. *HortScience*, v.22, p.1264-1266, 1987.
- Rodríguez M., M. N.; Alcántar G., G.; Aguilar S., A.; Etchevers B., D. J.; Santizó R., J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana* 16:135-141.
- Rodríguez 2004. Desarrollo y caracterización de sustratos orgánicos a partir del bagazo de agave tequilero. Tesis de doctorado .colegio de posgraduados, montecillos Texcoco México.
- Ruiz EFH, Murillo AB, García HJL, Fenech LL, Rueda PEO, Troyo DE, Kaya C, Beltrán MA (2010) Field evaluation of the relationship between chlorophyll content in basil leaves and a portable chlorophyll meter (SPAD-502) readings. *J. Plant Nutr.* 33: 423-438.
- Sainz R.H., Echeverría H.E. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y rendimiento del grano. *Revista de la Facultad de Agronomía* 103:37-44.
- Salisbury F.B, Ross CW. 1992. *Fisiología vegetal*. Editorial Iberoamericana. México DF.pp.319-338.
- Samperio R. G. 2004. Un paso más en la hidroponía, editorial Diana, México DF. Págs. 237
- Samra, J.S. y Y.K. Arora. 1997. Mineral nutrition. pp. 175-201. En: Litz, R.E. (ed.). *Te mango: botany, production and uses*. CAB International. 587 p.
- Sánchez Del C F, J Ortiz C, Ma C Mendoza C, V A González H, J Bustamante O (1998) Parámetros fisiológicos y agronómicos de jitomate en dos sistemas nuevos de producción. *Rev. Fitotec. Mex.* 21:1-13.
- Sánchez Del C F, E Moreno P, E Contreras M, E Vicente G (2006) Reducción del ciclo de crecimiento en pepino europeo mediante trasplante tardío. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:87-90.
- Sánchez, G., P. 2009. Manejo integral de la nutrición en el cultivo de cucurbitáceas <http://www.itson.mx/micrositios/nch/Documents/cucurbitaceas.pdf> Consultado el 15 de marzo 2015.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2005. *SAS user's guide*. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal.

- Satti, S.M.E., R.A. Al-Yhyai y F. Al-Said. 1996. Fruit quality and partition of mineral elements in processing tomato in response to saline nutrients. *Journal of plant nutrition* 19: 705-715.
- Schmilewski G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*. Vol. 3. Germany.
- Schouten, R., G. Jongbloed, L. Tijskens y O. Kooten. 2004. Batch variability and cultivar keeping quality of cucumber. *Postharv. Biol. Technol.* 32, 299-310. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2003.12.005
- Segal BG. 1989. *Chemistry: Experiment and theory*. Wiley. Nueva York, EEUU. 1008. pp.
- SIAP 2014 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa, México. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Consultado en septiembre de 2015.
- Sonneveld, C. 1997. A universal programme for calculation of nutrient solutions. *Proceedings 18th Hydroponic Society of America*. 7-17.
- Sonneveld C. and W. Voogt (2009) Substrates: chemical characteristics and preparation. In: *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. C. Sonneveled and W. Voogt (eds.). Springer. pp: 227-252.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*. 15: 134- 154.
- Steiner, A. ||A. 1966. The influence of chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant Soil*. 24: 454-466.
- Steiner, A. A. 1968. Soilless culture. *Proceedings of the 6th Colloquium of the Internacional Potash Institute*. pp: 324-341.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. pp. 43-53. In: *Proceedings 3rd International Congress on Soilles Culture*. Wageningen. The Netherlands.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: *Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture*. Wageningen. The Netherlands.
- Suniaga, J.; Rodríguez, A.; Rázuri, L.; Romero, E. y Montilla, E. 2008. Fertilización, mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque seco premontano. *Agric. Andina*. 15: 56-65.
- Suslov, T. y M. Cantwell. 2012. Cucumber: Recommendations for maintaining postharvest quality. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/CucumberPhotos/>; consulta: junio de 2015.

- Swietlik, D. 2003. Plant nutrition. pp. 251-257. En: Baugher, T.A. y S. Singha (eds.). Concise encyclopedia of temperature tree fruit. Food Product Press, Nueva York. 387 p.
- Taber HG (2001) Petioles SAP nitrate sufficiency values for fresh market tomato production. J. Plant Nutr. 24: 945-959.
- Terabayashi S., I. Muramatsu, S. Tokutani, M. Ando, E. Kitagawa, T. Shigemori, S. Date and Y. Fujime (2004) Relationship between the weekly nutrient uptake rate during fruiting stages and fruit weight of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown hydroponically. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 73:324-329.
- Tremblay, N. y A. Gosselin. 1989. Growth and nutrient status of celery seedling in response to nitrogen fertilization and $\text{NO}_3\text{:NH}_4$ ratio. HortScience 24: 284-288.
- Tremblay, N. y M. Senécal. 1988. Nitrogen and potassium in nutrient solution influence seedling growth of four vegetable species. HortScience 23: 1018.
- Tognoni, F. 2000. Radiación. In: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp: 38-43.
- Valadez, L. A 1997 Producción de hortalizas. Sexta reimpression. Editorial Limusa, S. A de C.V Grupo Noriega editores, Mexico, DF 245.
- Vasco M R (2003) El cultivo del pepino bajo invernadero. In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F F Camacho (ed). Caja Rural Intermediterránea, Cajamar. Almería, España. pp: 691-722.
- Verheul, M.J., R. Slimestad y L.R. Johnsen. 2013. Physicochemical changes and sensory evaluation of slicing cucumbers from different origins. Europ. J. Hort. Sci. 78, 176-183.
- Villarreal RM, Parra TS, Sánchez PP, Hernández VS, Osuna ET, Corrales M JL, Armenta BAD (2009) Fertirrigación con diferentes formas de nitrógeno en el cultivo. Interciencia. 34: 135-139.
- Wien, H. C. 2001. The Physiology of Vegetable Crops. CAB International.
- Yamaguchi, M 1983. World vegetables principles, production and nutritive values. AUL. Publishing Company. Inc. West. Port, Connecticut. USA
- Yong, S., Y. Wang, W. Jie, X. Ling, X. Meng, H. Jun, S. Wen y G. Qin. 2013. Characterization and expression profiling of cucumber kinesin genes during early fruit development: revealing the roles of kinesis in exponential cell production and enlargement in cucumber fruit. J. Exp. Bot. 64.