

# Extracción de nutrientes, crecimiento y producción del cultivo de Pepino bajo sistema de cultivo protegido hidropónico

Nutrients extraction, growing and production of  
cucumber in hydroponic protected culture system

Carlos Ramírez-Vargas<sup>1</sup>

---

*Fecha de recepción: 25 de mayo de 2018*  
*Fecha de aprobación: 11 de agosto de 2018*

Ramírez-Vega, C. Extracción de nutrientes, crecimiento y producción del cultivo de Pepino bajo sistema de cultivo protegido hidropónico. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32-1. Enero-Marzo 2019. Pág 107-117.

DOI: <https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4122>



<sup>1</sup> Profesor, Escuela de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, Costa Rica. Correo electrónico: caramirez@itcr.ac.cr

## Palabras clave

*Cucumis sativus* L.; solución nutritiva; genotipos; cultivo protegido hidropónico; crecimiento; producción; absorción.

## Resumen

Se sembraron tres genotipos comerciales de pepino (*Cucumis sativus* L.), Modan RZ, Tropicuke y Monalisa, en ambiente protegido con sistema hidropónico abierto en San Carlos, Costa Rica. Las plantas se trasplantaron en contenedores plásticos con sustrato de fibra de coco provisto de un sistema de fertirriego y tutorado, se realizaron mediciones de crecimiento, producción, y absorción de nutrientes. Los niveles de absorción de nutrientes, crecimiento y producción fueron diferentes entre genotipos. El orden de absorción de macronutrientes en todos los cultivares fue K>N>Ca>Mg>P, y de micronutrientes fue Fe>Zn>Mn>Cu.

Los rangos de crecimiento de los genotipos fueron de 270.03 a 287.92 y 221.72 a 278.28 cm de altura máxima, 61.86 a 82.83 y 18.27 a 20.75 hojas por planta, 432.98 a 562.83 y 148.88 a 202.47 cm<sup>2</sup> en área foliar, 6.41 a 8.34 y 2.21 a 4.16 de índice de área foliar, 294.86 a 349.70 y 174.94 a 206.50 g de peso fresco vegetativo (parte aérea + raíz), 342.60 a 361.97 y 203.67 a 274.40 g de peso fresco de fruto, 21.38 a 27.76 y 13.55 a 15.38 g de peso seco vegetativo, 5.53 a 11.06 y 4.43 a 7.92 g de peso seco de fruto respectivamente. El rendimiento en el cv Modán RZ fue superior con un total de 2895.31 g/planta, y el menor fue de 2001 g/planta.

## Keywords

*Cucumis sativus* L.; nutrient solution; genotypes; hydroponic protected culture; growing; production; absorption.

## Abstract

Three commercial genotypes of cucumber (*Cucumis sativus* L.), Modan RZ, Tropicuke y Monalisa, were grown in protected horticulture with open hydroponic system, in San Carlos, Costa Rica. Seedlings were transplant in pots ten liters capacity containing coconut fiber as substrate, irrigation system was installed, growing; production and nutrients contents were measured. Nutrients levels, growing and production were different between genotypes. Absorption order of macronutrients was K>N>Ca>Mg>P and micronutrients was Fe>Zn>Mn>Cu.

Growing ranges of genotypes were 270.03 to 287.92 and 221.72 to 278.28 cm of maximum height, 61.86 to 82.83 and 18.27 a 20.75 leafs per plant, 432.98 to 562.83 and 148.88 to 202.47 cm<sup>2</sup> in leaf area, 6.41 to 8.34 and 2.21 to 4.16 leaf area index, 294.86 to 349.70 and 174.94 to 206.50 g fresh weight vegetative, 342.60 to 361.97 and 203.67 to 274.40 g fresh weight of fruits, 21.38 to 27.76 and 13.55 to 15.38 g dry vegetative weight, 5.53 to 11.06 and 4.43 to 7.92 g dry weight of fruits. Yield was highest in the genotype Modan RZ with 2895.31 g/plant, and the smaller was 2001 g/plant.

## Introducción

En Costa Rica hay regiones con potencial para la producción de hortalizas bajo ambientes protegidos como la Región Huetar Norte, donde para diversificar actividades que favorezcan la seguridad alimentaria, se incursiona en sistemas de producción tecnificados que ayuden a mejorar la calidad y abastecimiento local de productos hortícolas [1].

Actualmente, la siembra en zonas tradicionales de cultivos hortícolas ha enfrentado una disminución en su área debido a un cambio de actividades. La producción de hortalizas, como el pepino, en ambientes protegidos es una alternativa para muchos productores ya que facilita la producción en regiones cuyo condición climática no permite el cultivo a campo abierto [2] [1].

En sistemas de cultivo protegido de hortalizas, deben considerarse factores que prevalecen de acuerdo a cada zona, como el clima, tipo de coberturas, los genotipos y la disponibilidad de recursos e insumos [3].

La nutrición de las plantas durante su ciclo de cultivo, se puede proporcionar mediante la hidroponía, ya que suministra un continuo abastecimiento de nutrientes a través del sistema de riego [4]. La preparación y manejo de una solución nutritiva en cultivos sin suelo ha sido un tema de mucha investigación, ya que de acuerdo al cultivo se busca preparar una que satisfaga las necesidades de la planta, [5] [6].

Conocer la composición nutricional de un cultivar de pepino particular ayudaría a la formulación de soluciones que optimizarían el uso de fuentes de nutrientes en sistemas de cultivo sin suelo y con uso de sustratos inertes, muchas soluciones nutritivas se han formulado y ajustado variando su concentración, Steiner [7] por ejemplo, creo una solución nutritiva universal basada en el concepto de relación mutua que existe entre la concentración iónica total y la composición vegetal.

Desde 1987 se han hecho evaluaciones de cultivares de pepino en zonas no tradicionales de su cultivo, mostrando buenos rendimientos, como por ejemplo en La Fortuna de San Carlos y Cañas Guanacaste, donde cuentan con gran potencial para la producción de dicho cultivo principalmente para la exportación, sin embargo la alta humedad relativa y los fuertes vientos que caracterizan a cada una de estas regiones son las principales limitantes para su producción a campo abierto [8] [9]. La producción nacional de pepino está dirigida especialmente para la satisfacción del mercado local, la cual se comercializa en las diferentes ferias del agricultor y mercados mayoristas como el Centro Nacional de Distribución y Abastecimiento (CENADA).

## Materiales y métodos

Se sembraron tres genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) en sistema de cultivo hidropónico abierto bajo ambiente protegido. Durante el periodo de investigación se midieron variables de crecimiento, producción y absorción, a partir de las cuales se determinaron las cantidades de los principales macro y micronutrientes absorbidos por las plantas. Se utilizó el invernadero de Horticultura en Finca La Esmeralda, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) ubicado en Santa Clara de Florencia, cantón de San Carlos, Provincia de Alajuela, a una altura de 170 msnm, con una temperatura media de 25.4 °C, humedad relativa media de 87% y una precipitación anual de 3600 mm, el periodo de cultivo fue de agosto a octubre del 2015.

El área del invernadero es de 270 m<sup>2</sup>, con el techo cubierto con plástico de polietileno de baja densidad y filtro UV, paredes cubiertas con una malla antiáfidos (32x32 hilos por pulgada lineal), y piso cubierto con una cubierta blanca (Agritela Reflex, Arrigoni Italia).

Como material experimental se utilizaron plántulas de tres genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) con 14 días de edad, confeccionados en la empresa Almacigos San Juan (Naranjo, Alajuela, Costa Rica), la información acerca de los genotipos o cultivares se muestra en el cuadro 1.

Se trasplantaron 280 plántulas en contenedores de 10 litros de capacidad con sustrato de fibra de coco, a una distancia de 1,5 metros entre hileras y 0,4 metros entre plantas, se irrigaron con la solución nutritiva Universal de Steiner [7] a 2 mS/cm de conductividad eléctrica tal como se muestra en los cuadros 2 y 3.

**Cuadro 1.** Genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) sembrado bajo cultivo protegido hidropónico en San Carlos, Costa Rica 2015-2016.

Especie	Nombre común	Cultivar	Casa Comercial	Origen
<i>Cucumis sativus</i> L.	Pepino	Monalisa F1	Semillas Este Oeste	Sud Este Asiático
		Modan RZ F1	Rijk Zwaan Ibérica S.A.	España
		Tropicuke	Seminis Vegetable Seeds	USA

Fuente: [10] [11] [12]

**Cuadro 2.** Proporción nutrimental de la solución nutritiva universal de Steiner [7] en porcentaje relativo y equivalentes según cada ion, para un volumen de 1000 litros de agua a una conductividad eléctrica de 2 mS/cm.

Ion	% relativo	Equivalentes
Potasio (K <sup>+</sup> )	35	7
Calcio (Ca <sup>+2</sup> )	45	9
Magnesio (Mg <sup>+2</sup> )	20	4
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	60	12
Fosfato (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	5	1
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	35	7

**Cuadro 3.** Valores correspondientes a equivalentes, valencia química y cantidad de sales minerales de una solución nutritiva, para un volumen de 1000 litros elaborado a partir de la propuesta de Steiner [7].

Sal mineral	Equivalentes	Valencia química	Cantidad (g)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	9	2	738
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	4	2	303
KNO <sub>3</sub>	3	1	348
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3	2	136
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	1	240

A la solución nutritiva completa se le adicionó como fuente de elementos menores el producto Microplex® (Quelato de EDTA) a razón de 15 gramos y ácido bórico a 10 gramos en 1000 litros.

Al final del ciclo se tomaron plantas completas de cada cultivar y se enviaron al laboratorio de análisis agrónomos del ITCR, donde se realizó un análisis nutricional de tejido vegetal, así como de su peso seco por fracción vegetativa (incluye tallos, hojas y raíz) y productiva (frutos).

El diseño experimental correspondió a un irrestricto al azar con cuatro repeticiones por tratamiento (cultivares), cada repetición consistió de una hilera de 20 plantas, y el modelo fue  $y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{G}$ . Dónde:

$y_{ij}$  = variable de respuesta de la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = media general

$G$  = efecto  $i$ -ésimo del genotipo

$\epsilon_G$  = es el error experimental

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico JMP versión 11 de SAS Institute, se realizaron análisis de varianza y pruebas de diferencias entre medias.

Las variables evaluadas de crecimiento fueron: Altura de planta, Numero de hojas por planta, Número de frutos por planta, área foliar, índice de área foliar, peso seco de planta y frutos; de producción: número de frutos cosechados por planta, peso de frutos por planta, de calidad: grados Brix, Nutrientes minerales extraídos por planta: (N-P-K-Ca-Mg, y elementos menores).

## Resultados y discusión

El ciclo de vida para los tres genotipos evaluados fue de 60 días después del trasplante (DDT), mostrando senescencia caracterizada por la presencia de hojas y tallos secos, marchitamiento y defoliación.

### Análisis del crecimiento

En el cuadro 4 se presentan los datos para las variables de crecimiento de los tres genotipos de pepino evaluados, se presentaron diferencias entre el área foliar y el IAF, así como el peso seco de follaje y fruto, tanto fresco como seco. La altura de plantas fue una variable de crecimiento que no presentó diferencias entre genotipos, Gül [13] obtuvo una longitud de tallos de 283.0 cm en la época de otoño usando una fuente de nutrientes inorgánicos en sustrato de perlita más clinoptilolita para los cultivares de pepino Armada y Gordion, dato similar a lo alcanzado por los cultivares en esta investigación que oscilo entre 270 y 287 cms, Cardona [14] evaluó, bajo invernadero, con el cv Paraíso (Vitalis organic seeds) cuatro concentraciones diferentes de K en la solución nutritiva y en dos épocas diferentes (Invierno y Primavera) y reportó una altura promedio de 173.33 cm, lo que denota diferencias debido a los genotipos y su manejo nutricional.

**Cuadro 4.** Medias para las variables de crecimiento y producción de tres genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) en cultivo protegido hidropónico bajo en Santa Clara, San Carlos. 2015-2016.

Genotipo O cultivar	Altura de planta máxima (cm)	Nº Hojas/ planta máxima	Área foliar máxima (cm <sup>2</sup> )	Índice área foliar máxima	Peso fresco (g/planta)		Peso seco (g/planta)	
					Vegetativo	Fruto	Vegetativo	Fruto
Mona lisa	270,03 ± 8,82 a	62,92 ± 5,17 a	458,61 ± 31,79 ab	6,79 ± 0,47 ab	294,86 ± 64,43 a	2001,56 ± 128,28 b	21,38 ± 3,15 ab	230,20 ± 1,31 a
Modán RZ	287,92 ± 3,55 a	61,86 ± 7,23 a	562,83 ± 30,72 a	8,34 ± 0,46 a	335,44 ± 70,27 a	2895,31 ± 170,02 a	26,68 ± 4,63 a	260,13 ± 0,42 b
Tropicuke	285,53 ± 3,81 a	82,83 ± 5,77 a	432,98 ± 16,20 b	6,41 ± 0,24 b	349,70 ± 44,16 a	2213,13 ± 102,39 b	27,76 ± 2,35 a	301,20 ± 0,44 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) según la prueba de Tuckey

El área foliar y su respectivo índice, mostraron datos mayores en el cultivar Modan RZ, que también obtuvo el mayor peso fresco de fruto, en cambio en peso seco los mayores datos de fruto y follaje los obtuvo el genotipo Tropicuke. El área foliar media obtenida para los tres genotipos oscila con lo reportado por Sánchez del Castillo *et al* [15], quien usando diferentes sistemas hidropónicos para otros cultivares de pepino en ambiente protegido, obtuvo valores de 393 a 494 cm<sup>2</sup>, donde el valor más alto se obtuvo al manejar las plantas en bolsas con sustrato de arena de tezontle (arena roja volcánica) en sistema hidropónico abierto.

Ward [16] en un estudio sobre nutrición de pepino en invernadero con el híbrido Burpee cultivado en un suelo de fertilidad relativamente alta, acumuló un peso seco total de 70.50 g/planta, y fraccionado de 53.60 g/planta correspondiente a toda la parte aérea incluyendo la raíz (vegetativo) y 16.9 g/planta correspondiente a frutos para una etapa de crecimiento medio de cultivo, estos valores son prácticamente el doble a los obtenidos en esta investigación, el mismo autor reporta los pesos secos al final del ciclo de cultivo logrando alcanzar un total de 685 g/planta de materia seca, donde 148.10 g y 536.12 g corresponden a parte aérea y frutos para una planta sana y vigorosa con una producción de 12 kg de fruta planta para un ciclo de 6 meses de duración.

Sánchez del Castillo *et al.* [15] reportaron pesos secos por planta de 89.7 g en un sistema hidropónico de raíz flotante, 68.5 y 66.3 g con un sistema de recirculación de la solución nutritiva en bolsas y camas con arena de tezontle como sustrato y 79.6 y 63.2 g en un sistema sin recirculación de la solución nutritiva en bolsas y camas con el mismo sustrato para el híbrido Alcázar (Vitalis organic seeds), tales pesos fueron obtenidos a los 55 DDT manejados con la solución nutritiva propuesta por Sánchez del Castillo *et al* [15] resultando ser más elevados a los reportados en esta investigación.

Barraza [17] realizó estudios sobre la acumulación de materia seca utilizando el híbrido Saber (Vitalis organic seeds) cultivado en invernadero con tezontle rojo bajo diferentes concentraciones de la solución nutritiva Universal de Steiner [18], donde reporta valores de materia seca acumulada de 67.32 g/planta, 94.83, 95.38 y 113.31 a los 60 DDT con porcentajes de 25, 75, 125 y 175 de dicha solución nutritiva respectivamente; similares a los reportados por Sánchez *et al* [15]. Los valores de materia seca alcanzados por los cv Mona lisa, Modán RZ y Tropicuke no fueron tan altos como los reportados por [16] y [15]-[17].

### Análisis de producción

Para las variables de número de frutos por planta y peso de la cosecha, se presentaron diferencias significativas, no así para el peso promedio por fruto ni los grados Brix. El genotipo con mayor producción fue Modan RZ que obtuvo más número de frutos por planta, aunque el peso por fruto fue el mismo que los otros dos cultivares, por lo que el aumento en producción se debió a un mayor número de fruto y no en aumento del peso de los mismos.

El conteo de frutos (Nº frutos por planta) inicio a los 15DDT prolongándose hasta el final del ciclo de cultivo en todos los genotipos, López *et al* [2] reporta para esta variable valores de 15.1 frutos por planta en el híbrido Camán, 16.8 para Esparón y 15 para Modán y no encontró diferencias estadísticamente significativas entre ellos, sin embargo en este caso el número de frutos por planta fue mayor en el cv Modán RZ con 15.48.

Cardona [14] obtuvo 12 frutos por planta usando una solución nutritiva con una concentración de 11.8 me L<sup>-1</sup> de K con el cv Paraíso, similar a lo alcanzado por el cv Mona lisa con 12.50 frutos por planta con una concentración menor de K (solución nutritiva de Steiner, 7 me L<sup>-1</sup>), pero se disminuye la producción 8.33 frutos por planta cuando este autor utilizó 7 me L<sup>-1</sup> de K, la diferencia en concentración de K influye en la producción pero también el genotipo, ya que el Monalisa superó al cv Paraíso con la mismas concentración de K en la solución

nutritiva. Por otro lado López [19] con la variedad Luxell, produjo 6.9 frutos/planta, usando la solución nutritiva de Steiner en un ciclo de cuatro meses de duración, siendo ese un valor bajo comparándolo con la cantidad de frutos por planta alcanzado por los genotipos de esta investigación, usando la misma solución nutritiva además de presentar una diferencia en edad de 60 días aproximadamente en la duración del ciclo de cultivo.

**Cuadro 5.** Producción de tres genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) en cultivo protegido hidropónico bajo diferentes soluciones nutritivas Santa Clara, San Carlos. 2015-2016.

Genotipo o Cultivar	Nº frutos / planta	Nº frutos cosechados/planta	Peso cosecha/ Planta (g)	Peso Promedio Fruto (g)	Brix
Mona lisa	12,50 ± 1,58 ab	5,52 ± 0,47 b	2001,56 ± 128,28 b	361.97 ± 8.73 a	4,08 ± 0,36 a
Modán RZ	15,48± 2,48 a	8,44 ± 0,78 a	2895,31 ± 170,02 a	342.60 ± 5.06 a	3,60 ± 0,36 a
Tropicuke	13,86 ± 2,04 ab	6,25 ± 0,60 b	2213,13 ± 102,39 b	354.25 ± 4.85 a	3,73 ± 0,36 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) según la prueba de Tuckey

López *et al.* [2] reporta pesos de fruto en gramos de 337 en el cv Camán, 324 g en cv Esparón y 328 g en cv Modán bajo condiciones de invernadero, los cuales son similares a los obtenidos en esta investigación, que además coincide con Hochmuth y Té citados por [2], quienes evaluaron cultivares de pepino y no encontraron diferencias significativas para dicha variable.

Barraza [1] obtuvo un rendimiento acumulativo de 3.310 kg/planta usando un 25% de concentración de la solución nutritiva de Steiner [18] a los 120 DDT con el híbrido Saber, comparado con el rendimiento mínimo y máximo (2.001 y 2.895 kg/planta) alcanzado por los cultivares Mona lisa y Modán RZ respectivamente con la solución nutritiva de Steiner [7], la diferencia no fue tan superior si consideramos que hay una diferencia en edad de 60 días en su ciclo de vida.

López [19] reportó un rendimiento de 2.485 kg/planta usando la solución nutritiva de Steiner con la variedad Luxell, este valor se encuentra dentro del rango de rendimientos alcanzados por los cultivares con dicha solución nutritiva, sin embargo cabe mencionar que ese rendimiento se logró obtener en un ciclo de cultivo de cuatro meses de duración. En nuestras condiciones el ciclo de vida del cultivo es relativamente corto, pero manifiesta un potencial productivo similar a lo que otros autores reportan con ciclos de cultivos más largos, en términos de tiempo de ocupación del invernadero, al año en teoría se podrían llevar a cabo unos 6 ciclos de cultivos.

Los grados Brix presentaron un comportamiento similar entre genotipos ya que no se encontraron diferencias significativas para esta variable, López [19] evaluó soluciones nutritivas sobre la producción y calidad usando el cv Luxell, reportando un contenido de sólidos solubles de 4.2 utilizando la solución nutritiva de Steiner, valor que supera ligeramente a lo alcanzado por los frutos del cv Mona lisa usando esta misma solución nutritiva. Cardona [14] reporta un valor de 4.4 °Brix en los frutos del cv Paraíso con la solución nutritiva de Steiner [7].

### Análisis de absorción de macronutrientes

El cuadro 6 contiene los resultados totales de macronutrientes absorbidos por planta en gramos, fraccionado en parte vegetativa y frutos para cada uno de los genotipos de pepino evaluados.

**Cuadro 6.** Extracción de macronutrientes por tres genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) en cultivo protegido hidropónico Santa Clara, San Carlos. 2015-2016.

Genotipo o cultivar	Fracción	g/planta				
		N	P	K	Ca	Mg
Mona lisa	Follaje	0,82 ± 0,07 a	0,15 ± 0,02 a	1,49 ± 0,25 ab	0,85 ± 0,16 abc	0,24 ± 0,05 ab
	Fruto	1,07 ± 0,05 ab	0,17 ± 0,010 ab	1,96 ± 0,10 a	0,22 ± 0,02 ab	0,13 ± 0,007 a
	Total	1,67 ± 0,10 ab	0,32 ± 0,04 ab	3,45 ± 0,30 ab	1,07 ± 0,18 ab	0,37 ± 0,06 a
Modán RZ	Follaje	0,81 ± 0,13 a	0,16 ± 0,02 a	1,82 ± 0,30 a	1,00 ± 0,18 ab	0,28 ± 0,05 ab
	Fruto	0,58 ± 0,03 c	0,09 ± 0,005 c	1,06 ± 0,06 b	0,14 ± 0,02 bc	0,08 ± 0,004 a
	Total	1,39 ± 0,16 bc	0,25 ± 0,02 b	2,88 ± 0,34 b	1,14 ± 0,19 ab	0,36 ± 0,05 a
Tropicuke	Follaje	0,60 ± 0,06 a	0,17 ± 0,02 a	1,93 ± 0,13 a	1,03 ± 0,11 a	0,31 ± 0,03 a
	Fruto	1,16 ± 0,04 a	0,20 ± 0,005 a	2,25 ± 0,08 a	0,29 ± 0,01 a	0,16 ± 0,009 a
	Total	1,98 ± 0,08 a	0,37 ± 0,02 a	4,18 ± 0,07 a	1,32 ± 0,11 a	0,47 ± 0,02 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) según la prueba de Tuckey

El orden de absorción de macronutrientes para todos los genotipos fue el siguiente  $K > N > Ca > Mg > P$ . Ward [16] quien cultivo en suelo bajo invernadero el híbrido Burpee obtuvo un orden de absorción de  $K > N > Ca > P > Mg$ , difiriendo únicamente en que se absorbió más P que Mg.

Entre cultivares las cantidades absorbidas de N, P y K fueron más altas para los cv Tropicuke y Mona lisa con respecto al cv Modán RZ, para el Ca y Mg la absorción fue similar en todos los cultivares.

La fracción vegetativa (parte aérea + raíz) al igual que el total de la planta (vegetativa + fruto) logro acumular mayor cantidad de macronutrientes, entre genotipos no se encontraron diferencias de absorción de macronutrientes para esta porción de la planta.

Entre cultivares las cantidades absorbidas de N fueron mayores en los cv Tropicuke y Mona lisa respecto al cv Modán RZ, para el P y K fue mayor su acumulación en el cv Tropicuke, seguido del cv Mona lisa y del cv Modán RZ, por otra parte el Ca y Mg no mostraron diferencias entre genotipos en cuanto a la cantidad acumulada en sus frutos.

En general el orden de absorción de macronutrientes tanto en follaje como en fruto para los tres cultivares fue  $K > Ca > N > Mg > P$ , lo que concuerda con Ward [16] donde K-Ca y K-N son los

nutrientes más absorbidos, sin embargo el orden de absorción precisamente no es el mismo puesto que este autor reporta al Ca>K>N>Mg>P para la parte aérea donde el Ca se absorbió en mayor cantidad con respecto al K y para los frutos obtuvo un orden de K>N>P>Ca>Mg donde el P se absorbió en mayor cantidad con respecto al Ca.

El contenido de N, P y K acumulado fue mayor en la porción de los frutos de todos los genotipos, excepto para el cv Modán RZ donde su absorción fue mayor en la fracción comprendida como follaje, de igual manera el Ca y Mg se acumuló mayormente en la porción follaje para todos los cultivares con ambas soluciones nutritivas.

Considerando que se utilizó una densidad de siembra de 16.675 plantas/ha durante 60 DDT, la absorción total en kilogramos por hectárea utilizando la solución nutritiva Universal de Steiner fue 27.85 de N, 5.34 de P, 57.53 de K, 17.84 de Ca y 6.17 de Mg en el cv Mona lisa, 23.18 kg/ha de N, 4.17 de P, 48.02 de K, 19.01 de Ca y 6.00 de Mg en el cv Modán RZ y 33.02 kg/ha de N, 6.17 de P, 69.70 de K, 22.01 de Ca y 7.84 de Mg en el cv Tropicuke, destacándose para todos los macronutrientes una absorción total por planta mayor en el cv Tropicuke, en suelo Casaca *et al.* [20] reportan una extracción de nutrientes de 57 kg/ha de N, 43 kg/ha de P y 86 kg/ha de K y Ward [16] bajo invernadero y en suelo obtuvo resultados mayores a los alcanzados por los cv Mona lisa, Modán RZ y Tropicuke registrando un promedio de 262.13 Ton/ha y una absorción total de macronutrientes de 408 kg/ha de N, 92 de P, 550 de K, 237 de Ca y 57 de Mg para un ciclo de 6 meses de duración.

#### Análisis de absorción de micronutrientes

En el cuadro 7 se presentan los datos de absorción de micronutrientes para los tres genotipos evaluados, los datos están en partes por millón (ppm) o mg/Kg

**Cuadro 7.** Extracción de micronutrientes por tres genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) en cultivo protegido hidropónico Santa Clara, San Carlos. 2015-2016.

Cultivar	Fracción	Ppm			
		Cu	Mn	Fe	Zn
Mona lisa	Follaje	11,75 ± 1,03 b	69,50 ± 3,77 a	82,75 ± 6,14 ab	63,50 ± 2,60 b
	Fruto	13,00 ± 1,47 a	28,50 ± 2,96 abc	104,25 ± 4,68 abc	58,50 ± 4,21 a
	Total	24,75 ± 1,89 b	98,00 ± 6,20 a	187,00 ± 10,50 abc	122,00 ± 6,72 b
Modán RZ	Follaje	12,00 ± 0,41 b	82,50 ± 5,50 a	82,75 ± 8,34 ab	58,50 ± 1,85 b
	Fruto	13,25 ± 1,38 a	30,75 ± 1,38 ab	139,50 ± 36,42 a	59,25 ± 4,05 a
	Total	25,25 ± 1,60 b	113,25 ± 5,72 a	222,25 ± 40,62 ab	117,75 ± 3,88 b
Tropicuke	Follaje	12,50 ± 0,96 b	73,00 ± 4,69 a	101,25 ± 10,69 a	53,00 ± 6,65 b
	Fruto	12,25 ± 1,44 a	35,00 ± 2,97 a	125,00 ± 12,31 ab	60,50 ± 3,28 a
	Total	24,75 ± 2,02 b	108,00 ± 6,75 a	226,25 ± 16,27 a	113,50 ± 8,21 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) según la prueba de Tuckey

Los valores de absorción de micronutrientes acumulados en los diferentes genotipos de pepino no mostraron diferencias estadísticamente significativas, algunos micronutrientes fueron cuantitativamente más altos, por ejemplo el Fe fue absorbido en mayor cantidad, caso contrario

ocurrió con el Cu que fue el elemento menor que menos se absorbió, por último el Mn fue similarmente absorbido para todos los genotipos y en niveles similares también el Zn. El orden de absorción de micronutrientes total por genotipo fue el siguiente Fe>Zn>Mn>Cu.

Tzerakis *et al.* [21] estimó la absorción de Mn y Zn en pepino usando el cv Myrthos RZ en un sistema hidropónico cerrado con recirculación de la solución nutritiva, evaluó diferentes concentraciones de Mn y Zn para conocer la influencia de estos micronutrientes sobre la absorción de la planta mediante dos métodos. Concluyendo que las absorciones más altas se dieron al usar las concentraciones más altas de Mn y Zn, llegando a estabilizarse a los 70 DDT como respuesta ante una entrada constante de sales en la solución nutritiva.

## Conclusiones

La absorción de macronutrientes acumulada en las plantas de pepino de los cultivares Monalisa, Modán RZ y Tropicuke presentó el siguiente orden (K>N>Ca>Mg>P)

La absorción de micronutrientes acumulada en las plantas de pepino de los cultivares Monalisa, Modán RZ y Tropicuke fue similar y presentó el siguiente orden Fe>Zn>Mn>Cu.

El crecimiento en las plantas pepino de los cultivares Monalisa y Tropicuke mostró una disminución en la altura máxima (270,03 cm y 285,53 cm respectivamente) al usar la solución nutritiva Ajustada, correspondiente a 226,09 cm y 221,72 cm respectivamente.

El cv Modán RZ alcanzó el máximo rendimiento (2,895 Kg/planta), seguido del cv Tropicuke (2,213 kg/planta) y del cv Monalisa (2,001 kg/planta).

El contenido de sólidos solubles en los frutos de los cultivares Monalisa, Modán RZ y Tropicuke fue de 2,80 °Brix a 4,08 °Brix.

## Recomendaciones

Evaluar otros genotipos existentes en el mercado con mejor adaptación a la región Huetar Norte de Costa Rica.

Evaluar otras soluciones nutritivas y otros sustratos con el fin de obtener la combinación que mejor se adapte a las condiciones particulares del trópico húmedo.

## Referencias

- [1] C. Ramírez, J. Nienhuis. Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 25(2): 10-20 p, 2012.
- [2] E. López, J. Rodríguez, M. Huéz, M, S. Garza, J. Jiménez, E. Leiva. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *SciELO* 29(2): 21-27p, 2011.
- [3] N. Castilla. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 462p, 2004.
- [4] D. Moreno, B. Hernández, D. Barrios, A. Ibáñez, W. Cruz, R. Berdeja. Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva. *Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(3): 637-643p, 2015.
- [5] C. Reyes. Dinámica nutricional y rendimiento de pepino en sistemas hidropónicos con recirculación de la solución nutritiva. Tesis Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp 19, 2012.
- [6] E. Favela, P. Preciado, A. Benavides. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro. 2006.

- [7] A. Steiner. The universal nutrient solution. Sixth international congress on soilless culture, Lunteren, Netherlands. Publicado por International Society for Soilless Culture (ISOSC). Wageningen, Holanda. 633-649 p, 1984.
- [8] Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), Cultivos agrícolas. Hortalizas, pepino. (en línea). Consultado el 25 de Enero del 2016. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-pepino.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-pepino.pdf), 2014.
- [9] L. Calvo. Evaluación de cultivares de pepino (*Cucumeris sativus*) en la estación experimental Enrique Jiménez Núñez. Investigación Agrícola, Costa Rica 1(1): 22-23p, 1987.
- [10] Rijk Zwaan. Productos y servicios. Pepino Modan RZ F1 (en línea). Consultado el 08 de febrero del 2016. Disponible en: <http://www.rijkszwaan.es>, 2016.
- [11] East-West Seed Group. Productos, pepino Monalisa F1 (en línea). Consultado el 08 de febrero del 2016. Disponible en: <http://www.eastwestseed.com>, 2011.
- [12] Trisan Agro. s.f. Catálogo semillas, Pepino Tropicuke II (en línea). Consultado el 08 de febrero del 2016. Disponible en: <http://trisanagro.com/product/pepino-tropicuke-ii/>, 2016.
- [13] A. Gül, F. Kidoglu, D. Anac. Effect of nutrient sources on cucumber production in different substrates. Elsevier. Scientia Horticulturae 113: 216-220 pp. 2007.
- [14] B. Cardona. Efecto del potasio sobre la calidad y el rendimiento del fruto de pepino (*Cucumis sativus* L.) desarrollado en un sistema hidropónico. Tesis Ing. Agr en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. pp 38-56, 2015.
- [15] F. Sánchez, L. Gonzales, E. Moreno, J. Pineda, E. Reyes. Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. Fitotecnia Mexicana 37(3): 261-269p, 2014.
- [16] G. Ward. Greenhouse cucumber nutrition a growth analysis study. Ontario, Canada. Plant and Soil vol. XXVI (2): 324-332 p, 1967.
- [17] F. Barraza. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Montería, Colombia. Temas Agrarios 17(2):18-29 pp, 2012.
- [18] A. Steiner. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Netherlands. Plant and Soil 15(2): 134-154 p, 1961.
- [19] G. López. Soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero. Tesis Maestro en Ciencias Agrarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. pp 51-54, 2014.
- [20] A. Casaca, E. Sierra, J. Cruz, R. Arellano, M. Jiménez y S. Flores. El cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) (en línea). Consultado el 23 de Julio del 2015. Disponible en: <http://gamis.zamorano.edu/gamis/es/Docs/hortalizas/pepino.pdf> 2005.
- [21] C. Tzerakis, D. Savvas, N. Sigrimis, G. Mavrogiannopoulos. Uptake of Mn and Zn by Cucumber grown in closed hydroponic systems as influenced by the Mn and Zn concentrations in the supplied nutrient solution. HortScience 48(3): 173-179 pp, 2013.