

Requerimiento nutrimental y nutrición potásica en pepino Persa con poda a un solo tallo

Nutrient requirement and potassium nutrition in Persian cucumber with pruning to a single stem

Gelacio Alejo-Santiago¹ , Sergio Guadalupe Becerra-Venegas² , Rubén Bugarín-Montoya¹ ,
Circe Aidín Aburto-González^{1*} , Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar³ ,
Gabriel Rincón-Enríquez³  y Cecilia Rocío Juárez-Rosete¹ 

¹ Docente Investigador, Área de Ciencias Biológico Agropecuarias. ² Estudiante de licenciatura, Programa Ingeniero Agrónomo. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela km 9. 63780 Xalisco, Nayarit, México.

* Autora para correspondencia (circe.aburto@uan.edu.mx)

³ Laboratorio de Fitopatología, Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. A. C. Camino Arenero 1227, El Bajío del Arenal. 45019 Zapopan, Jalisco, México.

RESUMEN

En sistemas de fertirriego, el manejo adecuado de la nutrición potásica en el cultivo de pepino Persa incrementa la calidad de fruto. De igual manera, conocer los índices de extracción nutrimental son necesarios para establecer programas de nutrición mineral durante el ciclo del cultivo. La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la nutrición potásica y cuantificar la extracción nutrimental en dos variedades de pepino Persa (Reehan y Khassib). El diseño experimental fue factorial 2×4 , el primer factor fue las dos variedades de pepino y el segundo factor la concentración de potasio (K^+) en la solución nutritiva, con concentraciones de 5, 7, 9 y 11 meq L^{-1} . Las variables fueron: producción acumulada de fruto (PAF), número de frutos (NF), peso individual de fruto (PIF), diámetro de fruto y sólidos solubles totales (SST). El análisis de varianza indicó que hubo efecto de interacción de factores en las variables de PAF y NF ($P \leq 0.05$). En ambas variedades, existieron diferencias significativas en todas las variables de respuesta cuantificadas y se encontró que Khassib tuvo los mayores valores (Tukey, $P \leq 0.05$). Para el factor solución nutritiva, sólo hubo diferencias significativas en PAF y PIF. La mayor PAF (Tukey, $P \leq 0.05$) se obtuvo con las soluciones nutritivas

de K con 9 y 11 meq L^{-1} ; mientras que el mayor PIF ocurrió con 5, 7 y 9 meq L^{-1} de K. La concentración de K en la solución nutritiva tuvo una correlación positiva con el contenido de sólidos solubles totales en frutos de la variedad Reehan ($r = 0.999$), pero no en la variedad Khassib ($r = -0.6829$). El requerimiento nutrimental (kg) por tonelada de fruto fresco en Reehan fue N 3.93, P 0.46, K 3.11, Ca 0.79 y Mg 1.30; mientras que en Khassib fue N 5.87, P 0.49, K 3.11, Ca 0.85 y Mg 1.54.

Palabras claves: *Cucumis sativus* L., concentración de potasio, extracción nutrimental, fertirrigación, solución nutritiva.

SUMMARY

In fertigation systems, proper management of potassium nutrition in Persian cucumber crop increases fruit quality. Similarly, nutrient extraction indexes are needed to establish mineral nutrition programs during the crop cycle. The aim of this research was to evaluate the effect of potassium nutrition and quantify the nutritional extraction in two varieties of Persian cucumber (Reehan and Khassib). The experimental design was factorial 2×4 , the first factor was the two varieties of cucumber and the second factor

Cita recomendada:

Alejo-Santiago, G., Becerra-Venegas, S. G., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G. y Juárez-Rosete, C. R. (2021). Requerimiento nutrimental y nutrición potásica en pepino Persa con poda a un solo tallo. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-10. e906. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.906>

Recibido: 09 de diciembre de 2020. Aceptado: 19 de febrero de 2021.
Artículo. Volumen 39, mayo de 2021.

the concentration of K^+ in the nutrient solution, with concentrations of 5, 7, 9 and 11 meq L^{-1} . The variables were: Cumulative fruit production (PAF), fruit number (NF), individual fruit weight (PIF), fruit diameter and total soluble solids (TSS). The analysis of variance indicated that there was an effect of factor interaction in PAF and NF ($P \leq 0.05$). In both varieties, there were significant differences in all the quantified response variables, where Khassib showed the highest values (Tukey, $P \leq 0.05$). For the nutritive solution factor, there were only significant differences in PAF and PIF. The highest PAF (Tukey, $P \leq 0.05$) was obtained with nutrient solutions containing 9 and 11 meq $K L^{-1}$; while the highest PIF occurred with 5, 7 and 9 meq $K L^{-1}$. The potassium concentration in the nutrient solution showed a positive correlation with the content of total soluble solids in fruits of the Reehan variety ($r = 0.999$), but not in the Khassib variety ($r = -0.6829$). The nutritional requirement (kg) per ton of fresh fruit in Reehan was N 3.93, P 0.46, K 3.11, Ca 0.79 and Mg 1.30; while in Khassib N 5.87, P 0.49, K 3.11, Ca 0.85 and Mg 1.54.

Index words: *Cucumis sativus* L., potassium concentration, nutrient extraction, fertigation, nutrient solution.

INTRODUCCIÓN

El pepino Persa (*Cucumis sativus* L.) también conocido como pepino Libanés o Beit Alpha, produce frutos sin semillas, una característica que lo hace atractivo para el consumidor (Zamora, 2017). Otras ventajas que presenta es que son frutos lisos, menos vulnerables a los daños postcosecha y no requieren polinización. Se pueden producir en condiciones de invernadero sin necesidad de incorporación de abejorros, soportan temperaturas extremas entre 35 y 40 °C; de igual manera, una temperatura mínima de 15 °C, no afectan su rendimiento (Rizo, 2010; Shaw *et al.*, 2000). En un estudio de variedades de pepino partenocárpicas en diferentes localidades y en condiciones de macrotúnel, Guang *et al.* (2019), reportaron que las variedades de pepino Persa fueron más productivas en comparación al pepino Holandés, Americano tipo slicer y Japonés.

En el manejo agronómico del cultivo de pepino Persa, la práctica de la fertilización es uno de los factores que más impacta en el rendimiento de frutos cosechados. La dosis de fertilización de un cultivo

en particular puede estimarse con base en el enfoque de balance nutrimental (Volke, Etchevers, Sanjuan y Silva, 1998), el cual incluye la relación cuantificada entre la demanda nutrimental, el suministro edáfico nutrimental y la eficiencia de la fertilización. En el cálculo de la demanda nutrimental para una meta de rendimiento determinada, se emplean los valores de la meta de rendimiento ($Mg ha^{-1}$) y el requerimiento interno nutrimental o índice de extracción nutrimental, expresado en kg de nutrimento por tonelada de producto cosechado (Rodríguez, Pinochet y Matus, 2001).

Los valores de requerimiento interno nutrimental permiten el establecimiento de dosis de fertilización más precisa para los cultivos, ya que indican la cantidad de nutrimentos que la planta requiere para la obtención de la mayor cantidad de producto económico, en forma de grano, fruta, flor o simplemente material vegetativo, sin permitir que el cultivo entre a la zona de consumo de lujo, con la consiguiente ventaja de ahorro en fertilizante y la no contaminación de mantos acuíferos, por una aplicación excesiva de nutrimentos químicos (Kanter, Zhang y Mauzerall, 2015).

Existe información muy general en cuanto al requerimiento nutrimental del pepino, como los que mencionan Castellanos, Uvalle y Aguilar (2000), y Ciampitti y García (2007); sin embargo, valores específicos para pepinos Persa no se han reportado, lo cual es necesario dado a que los valores son diferentes para cada especie y dentro de las variedades de una misma especie, debido a la amplia variabilidad que se presenta entre genotipos (Cruz-Coronado y Monge-Pérez, 2020). En el caso de las variedades de pepino sin semilla, pueden diferir los valores de requerimiento nutrimental con los ya reportados debido al hecho de que no desarrollan semillas. Ramírez-Vargas (2019), indica que inclusive puede variar el valor en función del manejo de poda que se dé al cultivo, ya que hay eliminación de brotes y se conduce a la planta a desarrollar fruto, también el mejoramiento genético ha favorecido en la elevación del valor de índice de cosecha del cultivo, como un indicador deseable en la selección de pepinos para su producción en invernadero (Ortiz, Sánchez, Mendoza y Torres, 2009).

Debido a la importancia del pepino Persa por ser un cultivo de exportación se requiere generar tecnología que permita acortar los ciclos de producción, mediante trasplante tardío (Sánchez, Moreno, Contreras y Vicente, 2006) y como se ha realizado en el caso de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por Sánchez *et al.*

(1998), mediante la poda de brotes laterales y despunte de yema terminal. De igual manera, se requiere generar información que permita el manejo óptimo de la nutrición en los sistemas de producción intensivos.

Se ha documentado ampliamente el efecto del potasio en calidad de fruto (Botella *et al.*, 2016; Mardanluo, Souri y Ahmadi, 2018; Rouphael *et al.*, 2018) y específicamente en el caso de pepino el potasio se considera como el elemento de mayor importancia en calidad (Aghili, Khoshgoftarmanesh, Afyuni y Mobli, 2009), de ahí la importancia de la cuantificación de la necesidad del cultivo en cuanto a este elemento. En este sentido, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la concentración de K^+ en la solución nutritiva, en el rendimiento y calidad de fruto de pepino, y obtener los valores de requerimiento nutrimental de N, P, K, Ca y Mg del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero con ventilación cenital localizado en la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, ubicada en el km 9 de la carretera Tepic-Compostela, con las siguientes coordenadas: latitud de $21^{\circ} 25' 36''$ N, longitud $104^{\circ} 53' 28''$ O y una altitud sobre el nivel del mar de 922 m. Las características del suelo, determinadas con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002) fueron: Clase textural Franco arcillo arenoso; pH 6.58 (moderadamente ácido), densidad aparente 1.2 g cm^{-3} , conductividad eléctrica (CE) 0.33 dS m^{-1} , sin problemas de salinidad; materia orgánica (1.0 %), nivel bajo; P-Bray (72 mg kg^{-1}) alto; K^+ intercambiable 0.52 meq/100g , medio; Ca 3.76 meq/100g , bajo; Mg 0.66 meq/100g , bajo y Na 0.16 meq/100g . Se usó agua proveniente de pozo profundo con una conductividad eléctrica (CE) de 0.15 dS m^{-1} y pH de 6.8, de acuerdo a las Normas Riverside se clasifica como C_1S_1 , como agua de buena calidad y apta para el riego.

Dos variedades de pepino Persa de la empresa Rijk Zwaan fueron utilizadas. La variedad Reehan cuyo fruto es de color verde oscuro brillante, tipo de planta abierta y muy precoz, produce de uno a dos frutos por entrenudo; la segunda variedad Khassib, es una planta muy precoz y se considera de auto poda igual con dos o tres frutos por entrenudo (Rijk Zwaan¹, 2020).

La siembra se realizó de manera directa en camas de 70 cm de ancho con distancia entre camas de 1.80 m y distancia entre planta de 30 cm. Las dimensiones del sitio experimental fueron de 8 m de ancho por 14 m de largo y fue dividido en dos secciones de $8 \times 7 \text{ m}$ para el establecimiento de las dos variedades.

Los riegos fueron proporcionados con sistema de riego por goteo, con agua sin fertilizantes de siembra a siete días después de emergencia; posteriormente se inició con la aplicación de solución nutritiva a partir del octavo día hasta inicio de floración con una dotación de 800 mL de agua por planta; cuando las plantas comenzaron con desarrollo de fruto, el volumen de solución nutritiva se incrementó a 2000 mL en forma diaria. Las cantidades de solución nutritiva se dividieron en cuatro riegos diarios, en intervalos de 2 horas, iniciando a las 8:00 de la mañana. Las plantas se tutoraron con hilo rafia, con sujetadores integrados a la estructura del invernadero. Las plantas se manejaron a un solo tallo, eliminando brotes laterales diariamente, hasta que alcanzaron una altura de 2.0 m se realizó la poda de despunte.

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con un diseño de tratamientos factorial 2×4 . El primer factor lo constituyeron las dos variedades y el segundo factor fueron cuatro concentraciones de K^+ (5, 7, 9 y 11 meq L^{-1}) en la solución nutritiva.

Tratamientos

Como resultado de la combinación de los dos factores, se obtuvieron ocho tratamientos (Cuadro 1). Cada tratamiento tuvo diez repeticiones, una planta por repetición. La concentración de SO_4^{-2} se modificó para mantener un equilibrio químico entre cationes y aniones. En todas las soluciones nutritivas del experimento, no se adicionó P debido a que en el suelo se determinó un nivel de suficiencia.

Variables de Respuesta

Las variables evaluadas fueron: producción acumulada de fruto (PAF) por planta (kg), se pesó y registró la producción de fruto en cada corte, luego

¹ Rijk Zwaan. (2020). Pepino. Accedido el 15 de octubre, 2020, desde: <https://www.rijkszwaan.mx/cultivo/pepino>.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos para la evaluación del efecto de concentración de K⁺ en solución nutritiva en dos variedades de pepino Persa.

Table 1. Design of treatments to evaluate the effect of K⁺ concentration in nutrient solution in two varieties of Persian cucumber.

Tratamiento	Variedad	SN	C.E.	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
			dS m ⁻¹	----- meq L ⁻¹ -----					
1	Reehan	1	1.8	11	7	5	6	5	2
2	Khassib	1	1.8	11	7	5	6	5	2
3	Reehan	2	2.0	11	9	7	6	5	2
4	Khassib	2	2.0	11	9	7	6	5	2
5	Reehan	3	2.2	11	11	9	6	5	2
6	Khassib	3	2.2	11	11	9	6	5	2
7	Reehan	4	2.4	11	13	11	6	5	2
8	Khassib	4	2.4	11	13	11	6	5	2

SN = solución nutritiva; H₂PO₄⁼ = 0 meq L⁻¹

SN = nutrient solution; H₂PO₄⁼ = 0 meq L⁻¹

se sumaron para obtener la producción por planta; número de fruto cosechados por planta, se registró la cantidad de frutos por planta en cada corte realizado y al final se sumaron; peso individual de fruto (PIF), se registró el peso individual de fruto por planta con el empleo de una balanza digital Precisa®; longitud de fruto (LONGF), se cuantificó con un flexómetro graduado en cm; diámetro de fruto (DIAMF), en la parte central del fruto se midió con un vernier digital; sólidos solubles totales (°Brix) (SST), ésta variable se determinó con un refractómetro digital 0-53 °Brix (Atago, modelo PAL-1) en diez frutos seleccionados al azar de cada tratamiento, una vez que se cosecharon, en la parte central del fruto se cortó una rodaja del fruto y con un exprimidor de limones se extrajeron las gotas de jugo para la determinación SST.

Extracción Nutricional en la Biomasa Aérea

La extracción nutricional se cuantificó en el tratamiento que acumuló mayor producción de fruto fresco, para cada variedad. Las plantas cosechadas fueron previamente lavadas con agua potable y enseguida con agua destilada. Se colocaron en una bolsa de papel estraza para su secado en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h, se molieron en un molino de acero inoxidable y las muestras vegetales se depositaron en bolsas de plástico para

su posterior proceso de determinaciones analíticas de las concentraciones nutrimentales. Se cuantificó la biomasa seca acumulada en tallos, hojas y frutos, así como las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en cada uno de estos órganos, con esos valores se cuantificó el requerimiento nutricional para cada variedad.

La determinación de N total se realizó por el método Kjeldahl; para la determinación de P se utilizó el método colorimétrico de molibdato de amonio, para K se utilizó un flamómetro (Sherwood® 410) y, para Ca y Mg se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica Varian® (Palo Alto, California, EUA) (Alcántar y Sandoval, 1999).

Una vez que se determinó la concentración de nutrientes en cada uno de los órganos, se calculó la cantidad de nutriente que extrajo en total cada planta para lograr la producción de fruto registrada, finalmente se realizó una extrapolación del requerimiento nutricional para la obtención de una tonelada de fruto fresco.

Análisis Estadístico de los Datos

Los datos se analizaron a través del programa SAS 2009, para la obtención de análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Adicionalmente se realizó un análisis de regresión lineal entre la concentración de K en la solución

nutritiva y sólidos solubles totales (°Brix) en fruto de cada variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA). En el factor variedad se puede observar que en todas las variables hubo diferencias significativas, mientras que en el factor solución nutritiva hubo diferencias en la producción de fruto, número y peso de fruto; se observó interacción significativa entre los dos factores de estudio para las variables producción de fruto por planta (kg) y número de frutos. El coeficiente de variación mostró valores que fluctuaron entre 4.44 y 30.17%.

Producción y Número de Frutos

La mayor producción de fruto por planta se obtuvo con la variedad Khassib y la solución nutritiva con concentración de K de 9 y 11 meq L⁻¹. La variedad Khassib superó a Reehan y para la solución nutritiva que permiten lograr tal producción fueron 9 y 11 meq L⁻¹ de K; el mayor número de frutos se obtuvo con Khassib y la solución nutritiva no afectó esta variable en ambas variedades de pepino (Cuadro 3).

Shaw, Cantliffe, Funes y Shine (2004), reportaron una producción acumulada de fruto de 6.3 kg por planta, en un periodo de 5 meses, mientras que Zamora (2017) reportó 12 kg cuando el cultivo tuvo un ciclo de

seis meses; en el presente estudio el cultivo se manejó con poda de despunte a 2 m y el ciclo de producción con este manejo fue de 70 días y se alcanzó una producción de 4.87 kg por planta, esto permite hasta cinco ciclos por año, mientras que en el caso de los resultados publicados por Zamora (2017), se alcanzan solo dos ciclos, similar a los ciclos de producción que se pueden obtener con el manejo que realizaron Shaw *et al.* (2004); lo cual indica casi el doble de producción empleando la variedad Khassib con una concentración de K de 9 meq L⁻¹ (tratamiento 6, Cuadro 3). Zamora (2017), indicó que es necesario dejar brotes laterales después del sexto y octavo entrenudo, esto ocasiona que se alargue el ciclo de producción, contrario a lo que sucede cuando se maneja a un solo tallo y con despunte de yema terminal.

Calidad de Fruto

La variedad Reehan superó a Khassib en cuanto a peso, diámetro y longitud de fruto, así como sólidos solubles totales. La solución nutritiva no afectó ninguna de estas variables con excepción del peso de fruto que disminuyó cuando la concentración de K fue de 11 meq L⁻¹ (Cuadro 4).

Shaw y Cantliffe (2003), evaluaron 7 variedades de pepino Persa, en condiciones de invernadero y determinaron diferencias significativas entre materiales respecto a peso, longitud y diámetro de fruto; el peso de los frutos en los materiales

Cuadro 2. Análisis de varianza para distintas variables de respuesta en fruto en dos variedades de pepino Persa manejados a un solo tallo en condiciones de invernadero.

Table 2. Analysis of variance for different fruit response variables in two varieties of Persian cucumber managed on a single stem under greenhouse conditions.

Variable	Valor de probabilidad observado de F			C.V. (%)
	Variedad	Solución nutritiva	Variedad * solución nutritiva	
Producción de fruto	<0.0001*	0.0003*	0.0189*	18.49
Número de frutos	<0.0001*	0.0359*	0.0069*	20.17
Peso individual de fruto	<0.0001*	0.006*	0.5892ns	21.28
Longitud del fruto	<0.0001*	0.1591ns	0.6220ns	4.44
Diámetro de fruto	<0.0001*	0.4222ns	0.9980ns	6.79
Sólidos solubles totales	>0.0215*	0.5659ns	0.0648ns	30.17

* = Diferencia estadística significativa con un $\alpha = 0.05$; ns = sin diferencia estadística; C.V. = coeficiente de variación.

* = Statistical significant difference with $\alpha = 0.05$; ns = no statistical difference; C.V. = coefficient of variation.

Cuadro 3. Efecto de dosis de potasio (K) y variedad para las variables de producción acumulada de fruto y número de frutos en dos variedades de pepino Persa, manejados con poda a un solo tallo y despunte a 2 m en condiciones de invernadero.

Table 3. Effect of potassium (K) dose and variety for accumulated fruit production and number of fruits in two varieties of Persian cucumber, managed with pruning to a single stem and topping at 2 m under greenhouse conditions.

Tratamiento	Variedad	Solución nutritiva	PAFP	NFP
		K meq L ⁻¹	kg	
1	Reehan	5	3.29 c	16.9 c
2	Khassib	5	3.44 c	22.9 b
3	Reehan	7	3.05 c	14.5 c
4	Khassib	7	3.78 bc	23.6 ba
5	Reehan	9	3.39 c	15.6 c
6	Khassib	9	4.87 a	29.4 a
7	Reehan	11	3.47 c	14.8 c
8	Khassib	11	4.67 ba	29.0 a
	DMSH		0.96	5.87
Factor Variedad de pepino				
	Khassib		4.19 a	26.22 a
	Reehan		3.30 b	15.45 b
	DMSH		0.30	1.87
Factor de solución nutritiva (K meq L ⁻¹)				
		5	3.36 b	19.90 a
		7	3.41 b	19.05 a
		9	4.13 a	22.50 a
		11	4.07 a	21.90 a

PAFP = producción acumulada de fruto por planta; NFP = número de frutos por planta. Medias con misma letra dentro de la misma columna y dentro de cada factor de variación no son significativamente diferentes (diferencia mínima significativa honesta -DMSH- de Tukey, $P \leq 0.05$).

PAFP = cumulative fruit production per plant; NFP = number of fruits per plant. Means with the same letter within the same column and within each variation factor are not significantly different (Tukey's honest minimum significant difference -DMSH-, $P \leq 0.05$).

evaluados por estos autores osciló entre 73 a 95 g, en comparación con el presente estudio donde la variedad Reehan tuvo 222 g y Khassib 168.81 g, estos resultados representan mayor peso que los materiales evaluados por los autores mencionados, así mismo en longitud los valores oscilaron entre 12 y 18 cm, mientras que en diámetro de 25 a 34 mm; en longitud de fruto, Khassib tuvo 16.64 y Reehan 17.99 cm, en diámetro de fruto Khassib registró 40.17 y Reehan 43.73 mm, estos valores fueron superiores a los encontrados en los materiales evaluados anteriormente. En pepinos Persa, Shaw *et al.* (2004), indicaron que se consideran como frutos comerciales los que poseen peso mayor de 120 g, en este sentido las dos variedades registraron

pesos superiores a estos valores, con las soluciones nutritivas evaluadas, lo cual pueden ser considerados como frutos comerciales.

El diámetro de fruto es una variable que está en función del material genético más que de la fertilización potásica, estos resultados coinciden con lo reportado por Correa *et al.* (2018), quienes no encontraron efectos significativos en diámetro de fruto, al evaluar el efecto de dosis de potasio en un intervalo de 45 a 180 kg de K₂O ha⁻¹.

En cuanto a la variable sólidos solubles totales (°Brix), en los dos cultivares de pepino, se puede apreciar que la Variedad Reehan (2.72 °Brix) superó significativamente a Khassib (2.48 °Brix), este

Cuadro 4. Efecto de nutrición potásica en algunas variables de calidad de dos variedades de pepino Persa, conducidos a un solo tallo y despunte a 2 m de altura en condiciones de invernadero.**Table 4. Effect of potassium nutrition on some quality variables of two varieties of Persian cucumber, driven to a single stem and sprouting at 2 m in height under greenhouse conditions.**

	SN	PIF	LONGF	DIAMF	SST
	K meq L ⁻¹	g	cm	mm	°Brix
	Factor variedad de pepino				
Khassib		168.81 b	16.64 b	40.17 b	2.48 b
Reehan		222.44 a	17.99 a	43.73 a	2.72 a
DMSH		18.56	0.34	1.27	0.20
	Factor solución nutritiva				
	K meq L ⁻¹				
	5	192.33 ab	17.19 a	41.62 a	2.55 a
	7	221.73 a	17.66 a	42.85 a	2.60 a
	9	194.66 ab	17.22 a	41.58 a	2.55 a
	11	173.82 b	17.19 a	41.48 a	2.72 a
	DMSH	34.63	0.64	2.37	0.38

SN = solución nutritiva; PIF = peso individual de fruto; LONF = longitud del fruto; DIAF = diámetro de fruto; SN = solución nutritiva; SST = sólidos solubles totales; DMSH = diferencia mínima significativa honesta de Tukey. Medias con misma letra dentro de la misma columna, dentro de cada factor de variación no son significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

SN = nutrient solution; PIF = individual fruit weight; LONF = length of fruit; DIAF = diameter of fruit; SN = nutrient solution; SST = total soluble solids; DMSH = Tukey's honest least significant difference. Means with the same letter within the same column, within each variation factor are not significantly different (Tukey, $P \leq 0.05$).

efecto está relacionado con el número de frutos que produce Khassib, que es 40% más que Reehan, que evidentemente ocasiona un efecto de dilución en la concentración de los sólidos solubles.

Efecto de la Concentración de K en Solución Nutritiva sobre los Sólidos Solubles Totales en Frutos de Pepinos

Los pepinos no se caracterizan por mostrar valores altos de sólidos solubles totales (°Brix) (Musmade y Desai, 1998). Para el caso de la variedad Reehan existió una alta correlación ($r = 0.999$) entre la concentración de K⁺ y los sólidos solubles que alcanzaron los frutos; mientras que para el caso de la variedad Khassib no se observó este efecto (Figura 1). En la Figura 1a se observa que a medida que se incrementó la concentración de K⁺ en la solución nutritiva, aumentó el valor de °Brix para la variedad Reehan; mientras que en Khassib la tendencia fue a disminuir °Brix, con una asociación estadística de ($r = -0.6829$) (Figura 1b).

El efecto de incremento de sólidos solubles totales por efecto de la nutrición potásica en la variedad Reehan, concuerda con los resultados de Helyes *et al.* (2009), en fruto de tomate; Obenland *et al.* (2015), en uva de mesa y Preciado-Rangel *et al.* (2018), en melón.

En la (Figura 2a), se observa que en la variedad Reehan existe una correlación positiva ($r = 0.6324$) entre la producción de fruto por planta y el contenido de sólidos solubles totales (°Brix); sin embargo, en la variedad Khassib se observó una correlación negativa ($r = -0.9338$), es decir a mayor producción de fruto por planta, existió menor sólidos solubles, esto confirma el efecto de dilución que se mencionó anteriormente y concuerda con lo reportado por Hartz, Johnstone, Francis y Miyao (2005), quienes no encontraron efecto del potasio en sólidos solubles.

En el caso de Khassib implica elevar la dosis de K, si se quiere elevar la concentración de sólidos solubles totales.

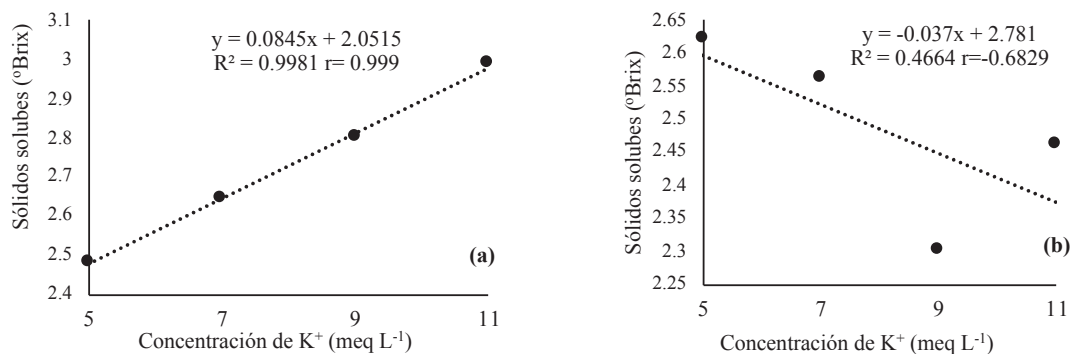


Figura 1. Efecto de concentración de potasio (K) sobre la concentración de sólidos solubles en las variedades de pepino Reehan (a) y Khassib (b) en condiciones de invernadero.

Figure 1. Effect of potassium (K) concentration on the concentration of soluble solids in the Reehan (a) and Khassib (b) cucumber varieties under greenhouse conditions.

Extracción Nutricional en dos Variedades de Pepino Persa

En el Cuadro 5 se muestran los resultados del análisis estadístico, se observa diferencias significativas en la extracción de N, mientras que para el caso de P, K, Ca y Mg no existió variación entre ambas variedades de pepino. El resultado de N que se obtuvo reafirma lo indicado por Fageria, Santos y Cutrim (2008) quienes identificaron que el factor genético influye en el requerimiento de N en la planta; por lo que es necesario identificar específicamente la cantidad adecuada de este elemento para cada especie y variedad como estrategia para obtener el mayor rendimiento posible.

El índice de extracción de N fue mayor de manera significativa en la variedad Khassib con 5.87 kg t⁻¹, mientras que en Reehan fue de 3.93 kg t⁻¹ (Cuadro 6). Ramírez-Vargas (2019), reportó para el caso de pepino que el orden de absorción de macronutrientes en todos los cultivares estudiados fue K > N > Ca > Mg > P. En la presente investigación, en las variedades Reehan y Khassib, la extracción de macronutrientes fue en el orden N > K > Mg > Ca > P. Castellanos *et al.* (2000) y Ciampitti y García (2007), reportaron valores de absorción de nutrientes para producir una tonelada de fruto pepino, dichos valores son similares con los resultados obtenidos en las dos variedades de pepino Persa que se utilizaron en la presente investigación (Cuadro 6).

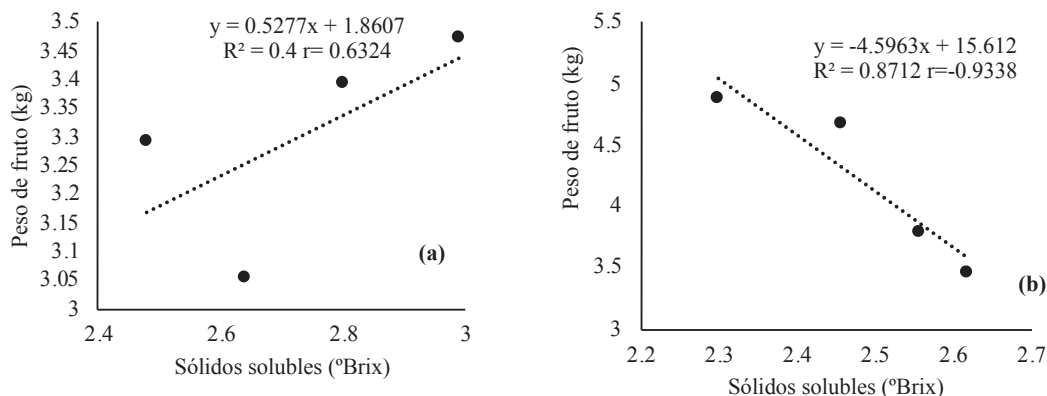


Figura 2. Relación entre producción de fruto y contenido de sólidos solubles totales, en las variedades Reehan (a) y Khassib (b) de pepino producido bajo condiciones de invernadero.

Figure 2. Relationship between fruit production and total soluble solids content, in the Reehan (a) and Khassib (b) varieties of cucumber produced under greenhouse conditions.

Cuadro 5. Resultados del análisis de varianza para la extracción nutrimental en dos variedades de pepino Persa bajo condiciones de invernadero.

Table 5. Results of the analysis of variance for the nutritional extraction in two varieties of Persian cucumber under greenhouse conditions.

Variable	Valor de probabilidad observada de F	C.V. (%)
N	0.0206*	24.95
P	0.6822ns	25.76
K	0.9978ns	33.38
Ca	0.5821ns	23.33
Mg	0.6212ns	20.12

C.V. = coeficiente de variación; * = diferencia estadística significativa a nivel de $\alpha=0.05$; ns = sin diferencia estadística.

C.V. = coefficient of variation; * = statistically significant difference at the level of $\alpha = 0.05$; ns = no statistical difference.

CONCLUSIONES

La variedad de pepino Khassib fue significativamente más productiva en comparación con la variedad Reehan. Las dos variedades aumentan su producción cuando la concentración de potasio (K^+) es de 9 y 11 meq L^{-1} en la solución nutritiva; sin embargo, el peso individual de fruto disminuye cuando se aplican soluciones con 11 meq L^{-1} de K.

El contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en los frutos de la variedad Reehan mostró una correlación positiva con la concentración de K en la solución nutritiva, no así para el caso de Khassib.

El requerimiento nutrimental (kg) por tonelada de fruto fresco producido en la variedad Reehan fue N 3.93, P 0.46, K 3.11 Ca 0.79 y Mg 1.30; mientras que en la variedad Khassib fue N 5.87, P 0.49, K 3.11, Ca 0.85 y Mg 1.54.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

Cuadro 6. Requerimiento nutrimental en dos variedades de pepino Persa, manejadas con poda a un solo tallo y despunte a 2 m en condiciones de invernadero.

Table 6. Nutritional requirement in two varieties of Persian cucumber, managed with a pruning to a single stem and topping at 2 m in greenhouse conditions.

Variedad de pepino	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	- - - - - kg / tonelada de fruto fresco - - - - -				
Reehan	3.93 b	0.46 a	3.11 a	0.79 a	1.30 a
Khassib	5.87 a	0.49 a	3.11 a	0.85 a	1.54 a
DMSH	1.57	0.15	1.33	0.24	0.32

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta de Tukey. Medias con misma letra dentro de la misma columna, dentro de cada factor de variación no son significativamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

DMSH = Tukey's honest minimal significant difference. Means with the same letter within the same column, within each variation factor are not significantly different (Tukey, $P \leq 0.05$).

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Redacción: G.A.S. Metodología: C.A.A.G. Obtención de datos de campo y análisis de laboratorio: S.B.V. Revisión de manuscrito y análisis de laboratorio: C.R.J.R. Discusión de resultados: R.B.M. Revisión y escritura: E.E.Q.A. Redacción y revisión: G.R.E.

LITERATURA CITADA

- Aghili, F., Khoshgoftarmanesh, A. H., Afyuni, M., & Mobli, M. (2009). Relationships between fruit mineral nutrients concentrations and some fruit quality attributes in greenhouse cucumber. *Journal of Plant Nutrition*, 32(12), 1994-2007. <https://doi.org/10.1080/01904160903308119>
- Alcántar, G. G. & Sandoval, V. M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal*. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial 10. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

- Botella, M. Á., Arévalo, L., Mestre, T. C., Rubio, F., García-Sánchez, F., Rivero, R. M., & Martínez, V. (2016). Potassium fertilization enhances pepper fruit quality. *Journal of Plant Nutrition*, *40*(2), 145-155. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1201501>
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., & Aguilar-Santelises, A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. Chapingo, Edo. de México: Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.
- Ciampitti, I. A., & García, F. O. (2007). *Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios*. II. Hortalizas, frutales y forrajeras. Archivo Agronómico N° 12. Buenos Aires, Argentina: IPNI Cono Sur.
- Correa, C. V., Mendes de Sousa G., A., Menezes M., B., Lima L., N., Barbosa T., A., Zocoler M., V.,... Evangelista, R. (2018). Effect of top-dressed potassium fertilization on the yield and quality of cucumber. *Journal of Plant Nutrition*, *41*(10), 1345-1350. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1447580>
- Cruz-Coronado, J. A., & Monge-Pérez, J. (2020). Producción de siete genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivados en ambiente protegido. *Tecnología en Marcha*, *33*(2), 102-118. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i2.4343>
- Fageria, N. K., Santos, A. B., & Cutrim, V. A. (2008). Dry matter and yield of lowland rice genotypes as influence by nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, *31*(4), 788-795. <https://doi.org/10.1080/01904160801928471>
- Guang, W., Maynard, E. T., Aly, B., Zakes, J., Egel, D. S., & Ingwel, L. L. (2019). Parthenocarpic cucumber cultivar evaluation in high-tunnel production. *HorTechnology*, *29*(5), 634-642. <https://doi.org/10.21273/horttech04370-19>
- Hartz, T. K., Johnstone, P. R., Francis, D. M., & Miyao, E. M. (2005). Processing Tomato Yield and Fruit Quality Improved with Potassium Fertilization. *HortScience*, *40*(6), 1862-1867. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1862>
- Helyes, L., Dimény, J., Böcs, A., Schober, G., & Pék, Z. (2009). The effect of water and potassium supplement on yield and lycopene content of processing tomato. *Acta Horticulturae*, *823*, 103-108. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.823.11>
- Kanter, D. R., Zhang, X., & Mauzerall, D. L. (2015). Reducing nitrogen pollution while decreasing farmers' costs and increasing fertilizer industry profits. *Journal of Environmental Quality*, *44*(2), 325-335. <https://doi.org/10.2134/jeq2014.04.0173>
- Mardanluo, S., Souiri, M. K., & Ahmadi, M. (2018). Plant growth and fruit quality of two pepper cultivars under different potassium levels of nutrient solutions. *Journal of Plant Nutrition*, *41*(12), 1604-1614. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1463383>
- Musmade, A. M., & Desai, U. T. (1998). Cucumber and melon. In D. K. Salunke, & S. S. Kadam (Eds.). *Handbook of vegetables science and technology: Production, Compostion, storage, and processing*. (pp. 245-253). New York, NY, USA: CRC Press.
- Obenland, D., Feliziani, E., Zhu, S., Zhao, X., Margosan, D. A., Mlikota Gabler, F.,... Lichter, A. (2015). Potassium application to table grape clusters after veraison increases soluble solids by enhancing berry water loss. *Scientia Horticulturae*, *187*, 58-64. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.005>
- Ortiz C., J., Sánchez, F., Mendoza, M. C., & Torres, A. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista Fitotecnica Mexicana*, *32*(4), 289-294.
- Preciado-Rangel, P., Salas-Pérez, L., Gallegos-Robles, M. A., Ruíz-Espinoza, F. H., Ayala-Garay A. V., Fortis-Hernández, M., & Murillo-Amador, B. (2018). Increasing doses of potassium increases yield and quality of muskmelon fruits under greenhouse. *Horticultura Brasileira*, *36*(2), 184-188. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180206>
- Ramírez-Vargas, C. (2019). Extracción de nutrientes, crecimiento y producción del cultivo de pepino bajo sistema de cultivo protegido hidropónico. *Tecnología en Marcha*, *32*(1), 107-117. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4122>
- Rizo, E. (2010). *Producción de pepino persa*. Hortalizas. Accedido el 29 de noviembre, 2020, desde <https://www.hortalizas.com/miscelaneos/pepino-persa/>
- Rodríguez, S., Pinochet, D., & Matus, F. (2001). *Fertilización de los cultivos*. Santiago de Chile: Lom ediciones.
- Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., Petropoulos, S. A., De Pascale, S., & Colla, G. (2018). Improving vegetable quality in controlled environments. *Scientia Horticulturae*, *234*, 275-289. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.033>
- Sánchez Del Castillo, F., Moreno P., E., Contreras M., E., & Vicente González, E. (2006). Reducción del ciclo de crecimiento en pepino europeo mediante trasplante tardío. *Revista Fitotecnica Mexicana*, *29*, 87-90.
- Sánchez Del Castillo, F., Ortiz, J., Mendoza, Ma. C., González, V. A., & Bustamante, J. D. (1998). Parámetros fisiológicos y agronómicos de jitomate en dos sistemas nuevos de producción. *Revista Fitotecnica Mexicana*, *21*, 1-13.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (antes NOM-021-RECNAT- 2000) que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis*. Diario Oficial de la Federación, 31 diciembre de 2002. México, D. F.
- Shaw, N., & Cantliffe, D. (2003). Hydroponically produced mini-cucumber with improved powdery mildew resistance. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *116*, 58-62.
- Shaw, N., Cantliffe D., Rodriguez, J. C., Taylor, S., & Spencer, D. (2000). Beit Alpha cucumber-An exciting new greenhouse crop. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *113*, 247-253.
- Shaw, N., Cantliffe, D., Funes, J., & Shine, C. (2004). Successful beit alpha cucumber production in the greenhouse using pine bark as an alternative soilless media. *HortTechnology*, *14*(2), 289-294. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0289>
- Volke H., V., Etchevers B., J. D., Sanjuan R., A., & Silva P., T. (1998). Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para los cultivos. *Terra Latinoamericana*, *16*(1), 79-91.
- Zamora, E. (2017). El cultivo de pepino persa (*Cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas. *Cultivos Protegidos HORT-CP-007*, 1-7.