CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE PLANTAS DE PEPINO CRECIDAS EN INVERNADERO E HIDROPONÍA EN ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN

DESIRABLE TRAITS FOR CUCUMBER PLANTS GROWN UNDER GREENHOUSE AND HYDROPONICS AT HIGH PLANT DENSITIES

Joaquín Ortiz Cereceres[1]†, Felipe Sánchez del Castillo[2*], Ma. del Carmen Mendoza Castillo[1] y Araceli Torres García[1]

[1]Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel. (595) 20200 Ext. 1524. [2]Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Edo. de México. Tel. (595) 95 21500 Ext. 6225.

* *Autor para correspondencia* (fsanchezdelcastillo@yahoo.com.mx)

RESUMEN

La contribución de algunos caracteres morfológicos de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.) en el rendimiento por planta y por unidad de superficie, factibles de incorporarse a un arquetipo idóneo para su manejo en un sistema de producción basado en despuntes tempranos de la yema terminal (plantas de 1 m de altura) y alta densidad de población, se evaluó en ambientes poco restrictivos (invernadero e hidroponía). Se establecieron dos experimentos; en el Experimento I se evaluaron 11 variedades en dos densidades de población (9 y 16 plantas m^{-2}); en el Experimento II se evaluaron cuatro variedades que representaron dos grupos de características contrastantes. En ambos experimentos se utilizó un diseño experimental de bloques al azar y un arreglo de tratamientos en parcelas divididas; la densidad de siembra correspondió a la parcela grande y las variedades a la parcela chica. Las variedades 'Monarch' y 'Sprint 440' mostraron el mayor número de características deseables para conformar un arquetipo de pepino adecuado al sistema, como: tallo grueso (7 y 6.7 mm), más área foliar (43.5 y 39.7 dm^2) y más número de frutos por planta (7.4 y 7.3), en contraste con las variedades 'Moctezuma' e 'Indy'. Las variedades con mayor área foliar produjeron dos frutos más por planta que las de menor área, carácter que fue el que tuvo mayor relación directa con el rendimiento. No hubo diferencias en rendimiento por unidad de superficie al aumentar la densidad de 9 a 16 plantas m^{-2}, por lo que se recomienda usar la más baja para este sistema de producción.

Palabras clave: *Cucumis sativus*, arquetipo, densidad de población, despunte.

SUMMARY

The contribution of several morphologic characters of the cucumber plant (*Cucumis sativus* L.) to the yields per plant and per surface unit, feasible to incorporate in a suitable ideotype to be managed in a production system subjected to early trimming of the stem apex (plants 1 m high) and grown at high population density in low restrictive environments (greenhouse and hydroponics), was evaluated in this study. Two experiments were established; Experiment I included 11 varieties planted in two population densities (9 and 16 plants m^{-2}); Experiment II involved four varieties which represented two groups of contrasting characteristics. In both experiments a randomized block design was used with split plot arrangement of treatments, with plant densities as main plots and varieties as sub-plots. The varieties 'Monarch' and 'Sprint 440' combined the greatest number of desirable traits for a cucumber ideotype adapted to this system, such as: thick stem (7 and 6.7 mm), more leaf area (43.5 and 39.7 dm^2) and more fruits per plant (7.4 and 7.3), in contrast with varieties 'Moctezuma' and 'Indy'. The varieties with higher leaf area produced two more fruits per plant than those of smaller area, and this trait was the one more correlated with yield. No differences in yield per surface unit were found as the plant density increased from 9 to 16 plants m^{-2}, so the lowest density is recommended for this production system.

Index words: *Cucumis sativus*, ideotype, population density, trimming.

INTRODUCCIÓN

El uso de invernaderos y sistemas hidropónicos representa una opción para incrementar la productividad agrícola, al propiciar un ambiente poco restrictivo para el crecimiento y desarrollo de las plantas que el que ocurre a cielo abierto, sobre todo en especies hortícolas. Debido a los costos altos de las instalaciones y manejo es necesario desarrollar y aplicar prácticas agrícolas específicas para una máxima expresión del potencial productivo del cultivo (Sánchez *et al*., 1998). El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo; además, se cuenta con variedades de alto rendimiento y con prácticas de manejo que permiten maximizar su producción bajo invernadero (Vasco, 2003; Gálvez, 2004).

El sistema de producción de pepino en invernadero normalmente se practica en el norte de Europa y América, y México lo ha importado; consiste en usar variedades de

Recibido: 19 de Junio del 2008
Aceptado: 05 de Octubre del 2009

hábito indeterminado sembradas en suelo mejorado o en sustratos hidropónicos a densidades de 1.5 a 2.5 plantas m^{-2}, que se dejan crecer hasta 3 m de altura, y después se despuntan para obtener uno o dos tallos que se siguen tutorando de manera horizontal o dirigidos hacia abajo (Gálvez, 2004). Se cosechan de 20 a 30 frutos por planta en un ciclo de 6 a 7 meses, con un rendimiento promedio que fluctúa de 150 a 300 t ha^{-1} al año (Resh, 2001).

Con el propósito de acortar el ciclo del cultivo y aumentar la producción anual con más ciclos por año, se han hecho investigaciones (Sánchez *et al*., 2006) y pruebas comerciales con productores, para generar un sistema de cultivo de pepino en hidroponía bajo invernadero, similar al propuesto por Sánchez *et al*. (1998) para tomate (*Solanum lycopersicum* L.), que consiste en despuntar la yema terminal y podar los brotes laterales para dejar un tallo de aproximadamente 1 m de altura, con lo cual el ciclo de cultivo se reduce a casi 60 d después del trasplante. El menor rendimiento por planta se compensa con una alta densidad de población (hasta 16 plantas m^{-2}, sin considerar el espacio ocupado por pasillos), de manera que el rendimiento anual puede ser superior a las 300 t ha^{-1} que se obtienen en sistemas convencionales, ya que es posible lograr más de cinco ciclos por año.

Por ejemplo, Sánchez *et al*. (2006) despuntaron las plantas de pepino a 1.5 m de altura y obtuvieron un rendimiento de 12 kg m^{-2} en 70 d. En un invernadero con control adecuado de las condiciones ambientales es posible lograr cinco ciclos con un rendimiento anual cercano a 600 t ha^{-1}, que representa el doble de los sistemas convencionales. Sánchez *et al*. (2006) también citan un estudio en el que se logró un rendimiento de 10 kg m^{-2} en sólo 60 d, al despuntar las plantas de pepino a 1 m de altura y crecidas en alta densidad, lo que permitiría producir seis ciclos por año, con un rendimiento estimado de 600 t ha^{-1}. Además, lo corto del periodo de cosecha permite programar los ciclos de producción en las fechas en que los precios en el mercado favorecen a los productores, y alternar el uso del invernadero con otras especies.

Según Sedgley (1991) las plantas idóneas para incrementar el rendimiento por unidad de superficie son las que poseen características morfológicas que minimizan la competencia y sufren menor interferencia de sus vecinas, con alta eficiencia fisiológica que les permite explotar al máximo el ambiente favorable que les rodea y optimizar la distribución de asimilados hacia el grano o fruto. En baja densidad de población, este arquetipo o modelo de planta subutilizará los recursos disponibles, pero en densidades altas será más eficiente y su rendimiento aumentará.

Sedgley (1991) y Acquaah *et al*. (1991) indican que una vía potencial para incrementar el rendimiento de un cultivo en ambientes poco restrictivos, es el aumento de la densidad de población para el rápido establecimiento de un índice de área foliar (IAF) óptimo para la intercepción de energía radiante; y consideran posible concebir un arquetipo básico general para alta productividad, semejante para varias especies cultivadas. Este modelo incluiría características como: a) Tallo grueso, que generalmente implica mayor área de floema y en consecuencia un transporte más eficiente, y mayor capacidad de reserva de asimilados para su uso posterior en el llenado de frutos; b) Menor altura de planta, con menor gasto de asimilados en elongación, mayor índice de cosecha y menor competencia por radiación; c) Hojas pequeñas pero fotosintéticamente eficientes, que permiten el uso de altas densidades de población sin efectos adversos de competencia y propician una mayor tasa de producción de fotoasimilados por unidad de superficie de suelo cubierto por el dosel; d) Hábito determinado, con un tallo sin ramas que reduce la competencia por asimilados entre órganos reproductivos y vegetativos, lo que favorece así a los primeros y acorta el ciclo para posibilitar más cosechas por año; y e) Alto número de estructuras reproductivas con una actividad de demanda fisiológica que se traduzca en alto peso unitario, para transformar los fotoasimilados disponibles en rendimiento económico.

La diversidad genética y la flexibilidad de manejo del pepino, mediante prácticas como la poda de brotes y hojas, el despunte y el tutoreo, permiten formar plantas con características morfológicas deseables en el sistema de producción de despunte temprano y densidad de población alta que se propone; *i. e.*, precoces, con tallo grueso, porte bajo, entrenudos cortos, hojas pequeñas y eficientes fotosintéticamente, que produzcan un alto número de frutos de calidad y tamaño comercial.

Para aportar elementos que permitan una mejor selección de variedades o eventualmente iniciar un programa de mejoramiento genético encaminado a formar arquetipos para el sistema de producción de pepino basado en despuntes tempranos y altas densidades de población, el objetivo del estudio fue definir las características morfológicas que más se relacionen con un alto rendimiento por unidad de superficie bajo ese esquema de producción. Las hipótesis que se postularon fueron las siguientes: a) Algunas características morfológicas de plantas de pepino manejadas con despunte temprano en densidad de población alta, se relacionan positivamente con el rendimiento por unidad de superficie, como son tallo grueso, hojas pequeñas y eficientes, alto peso de fruto y alto número de frutos por planta; b) Existe variabilidad genética para dichas características, que podría

servir de base para elegir las variedades apropiadas para este sistema de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron dos experimentos. En el Experimento I, conducido de julio a octubre de 2002, se analizaron 11 variedades comerciales de pepino tipo americano ('Monarch', 'Sprint 440', 'Thunder', 'Conquistador', 'Thunder bird', 'Dasher II', 'Turbo', 'Moctezuma', 'Indio', 'Cortez' e 'Indy'), para identificar aquéllas contrastantes en grosor de tallo, porte de planta, longitud de entrenudos y número y tamaño de frutos, entre otras, así como para evaluar el efecto de la densidad de población (9 y 16 plantas m^{-2} útil) sobre estos caracteres. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con seis repeticiones y un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, en el que la densidad de siembra correspondió a la parcela grande y las variedades a la parcela chica. La unidad experimental (parcela chica) fue una hilera de tres o cuatro plantas a una distancia de 0.33 ó 0.25 m respectivamente, según la densidad.

En el Experimento II, llevado a cabo de marzo a julio de 2003, se compararon dos pares de variedades ('Monarch' y 'Sprint 440' *vs*. 'Moctezuma' e 'Indy') contrastantes en área foliar, diámetro del tallo, y en número de frutos por planta y por unidad de superficie, y se evaluó su relación con el rendimiento. Los ocho tratamientos (combinación de cuatro variedades y dos densidades de población) se distribuyeron en un diseño experimental y arreglo de tratamientos similar al del Experimento I, con siete repeticiones.

Se utilizó un invernadero ubicado en Chapingo, Estado de México, a 90° 30' LN, 98° 51' LO y 2250 msnm (García, 2004). El invernadero es de estructura metálica con techo de dos vertientes, cubierto con polietileno calibre 720, orientado en dirección este-oeste, con ventilación lateral y malla antiáfidos, en el cual se usaron dos tinas de siembra de 22 m de largo, 1.2 m de ancho y 0.3 m de profundidad, que se rellenaron con tezontle rojo (partículas de 1 a 3 mm de diámetro).

En el semillero, antes de la emergencia de plántulas, sólo se regó con agua; una semana después de la emergencia y hasta el final del experimento se aplicaron riegos con una solución nutritiva (en forma manual al semillero y mediante goteo después del trasplante) que contenía los nutrimentos esenciales y concentraciones (mg L^{-1}) señalados a continuación: nitrógeno, 250; fósforo, 60; potasio, 250; calcio, 300; azufre, 200; magnesio, 50; fierro, 3; manganeso, 0.05; boro, 0.5; cobre, 0.05 y zinc, 0.05) que recomiendan Sánchez *et al*. (1998).

El trasplante se hizo 35 d después de la siembra (dds). El guiado de las plantas se hizo a los 55 dds, con hilo de rafia el que se amarró a la base del tallo, se arregló en espiral a lo largo del tallo y se ató con alambres galvanizados sostenidos sobre las plantas por una estructura tubular. Los brotes laterales se eliminaron conforme aparecían. El despunte (eliminación de la yema terminal) se hizo a los 78 dds a 1.0 m de altura. La Figura 1 ilustra el aspecto de las plantas.



Figura 1. Plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en alta densidad de población.

En ambos experimentos se midieron las variables: 1) Diámetro del tallo (cm), medido a los 106 dds en el entrenudo 10; 2) Ancho máximo (cm) de cada hoja de la planta, a los 107 dds; 3) Número total de frutos por planta; 4) Número de frutos por unidad de superficie; 5) Peso medio de fruto; y 6) Rendimiento por planta y por unidad de superficie, mediante cortes semanales entre los 70 y 107 dds, de frutos de tamaño comercial (20 cm de largo).

Además se estimó el área de cada hoja y el área foliar por planta (suma de las áreas foliares de las hojas). El área de cada hoja se calculó mediante un procedimiento derivado de Robbins y Pharr (1987) con la fórmula $AF = 0.6189 \times Am^{1.9965}$, donde: AF = Área foliar y Am = Ancho máximo de la hoja, que correlacionó ($r^2 = 0.96$) con los datos de un integrador de área foliar (LI-COR 3000®, Lincoln, Nebraska, EE. UU.) en 200 hojas provenientes de diferentes estratos del dosel

Los datos se sometieron a análisis de varianza y a pruebas de Tukey, considerando los factores densidades, variedades y su interacción. Se calcularon correlaciones entre algunos caracteres y el rendimiento por planta. En el Experimento II se aplicaron pruebas de contrastes ortogonales para comparar los dos grupos de variedades contrastantes en la expresión de los caracteres de interés.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento I

El análisis de varianza no mostró efectos significativos de la interacción variedad x densidad en variable alguna (resultados no mostrados), por lo que sólo se discuten los correspondientes a los efectos principales.

En promedio de ambas densidades, se detecto diferencia ($P \leq 0.05$) entre variedades para todos los caracteres, excepto en el peso medio del fruto (Cuadro 1). 'Monarch' y 'Sprint 440' con frecuencia superaron a las demás variedades en número de frutos, área foliar y rendimiento por planta. En contraste, 'Moctezuma' e 'Indy' se encontraron en el grupo con menor rendimiento por planta y área foliar.

'Monarch' y 'Sprint 440' reunieron el mayor número de características deseables para un arquetipo de pepino sembrado en altas densidades de población y en ambiente protegido; *i. e.*, mayor área foliar, tallo grueso, y mayor número y peso de frutos. En cambio, 'Moctezuma' e 'Indy' tuvieron el menor número de características deseables.

En promedio de variedades, la densidad de población sólo afectó ($P \leq 0.05$) al número de frutos y al rendimiento por planta (Cuadro 2). Con 9 plantas m^{-2} se obtuvieron 2.4 frutos más y 602 g más por planta que con 16 plantas m^{-2}, aunque en la densidad mayor hubo una diferencia numérica en rendimiento por unidad de superficie de casi 3 kg, el incremento en 7 plantas m^{-2} no fue suficiente para compensar el menor rendimiento por planta. Estas diferencias en número de frutos y rendimiento por planta en favor de las plantas sembradas a menor densidad, se atribuyen a un menor nivel de sombreado entre ellas que les permitió una mayor y más homogénea intercepción de radiación fotosintéticamente activa y mayor producción de fotoasimilados por planta, como propusieron Sánchez *et al*. (1999) para tomate.

En este grupo de variedades hubo correlación positiva y significativa ($P \leq 0.05$) entre rendimiento por planta, número de frutos y área foliar (Cuadro 3), lo cual muestra que estos caracteres son componentes importantes del arquetipo de pepino deseable para este sistema de producción. Según Sedgley (1991) y Acquaah *et al*. (1991), el arquetipo de cereales y leguminosas para alta densidad debe tener hojas pequeñas pero eficientes; sin embargo, en las plantas de pepino cada fitómero, además de un nudo y entrenudo, está integrado por sólo una hoja y un fruto con conexiones vasculares muy estrechas entre ellos, por lo que el área de intercepción de la energía solar es determinante en la producción de asimilados (Wien, 1999), pues no se detectaron diferencias ($P \leq 0.05$) entre variedades para la eficiencia fotosintética estimada con la tasa de asimilación neta a lo largo de su ciclo (datos no mostrados). El área foliar también tuvo correlación positiva y significativa ($P \leq 0.05$) con el número de frutos

Cuadro 1. Caracteres morfológicos de variedades de pepino, en promedio de dos densidades de población. Experimento I.

Variedad	Diámetro del tallo (mm)	Área foliar por planta (dm^2)	Peso medio de fruto (g)	Frutos por planta	Rendimiento por planta (kg)
'Monarch'	7.0 ab	43.48 ab	274 a	7.4 a	2.02 a
'Sprint 440'	6.7 abc	39.66 ab	231 a	7.3 a	1.69 ab
'Thunder'	6.6 abc	34.50 ab	246 a	6.3 ab	1.55 ab
'Conquistador'	6.8 ab	35.16 ab	294 a	5.0 bc	1.47 b
'Thunderbird'	6.1 bc	28.56 ab	224 a	6.4 ab	1.43 b
'Dasher'	6.2 bc	26.77 b	223 a	6.5 ab	1.45 b
'Turbo'	7.7 a	51.70 a	269 a	5.1 bc	1.37 b
'Moctezuma'	7.1 ab	21.45 b	298 a	4.0 c	1.19 b
'Indio'	6.5 bc	30.62 ab	235 a	5.2 bc	1.22 b
'Cortez'	6.2 bc	28.10 ab	245 a	5.0 bc	1.22 b
'Indy'	5.6 c	24.85 b	212 a	5.7 abc	1.21 b
Promedio	6.6	34.08	250	5.8	1.44
DHS	1.1	24.63	123	2.1	0.51

Valores con las mismas letras en una columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 2. Efecto de la densidad de población en plantas de pepino, en promedio de once variedades. Experimento I.

Densidad (plantas m^{-2} útil)	Diámetro del tallo (mm)	Área foliar por planta (dm^2)	Peso medio de fruto (g)	Frutos por planta	Rendimiento por planta (kg)	Rendimiento (kg m^{-2} útil)
9	6.6 a	39.78 a	260 a	7.2 a	1.87 a	16.38 a
16	6.6 a	28.37 a	240 a	4.8 b	1.15 b	19.20 a
Promedio	6.6	34.08	250	6.0	1.51	17.79
DHS	0.7	12.48	37	1.0	0.52	6.30

Valores con las mismas letras en una columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

por planta (r = 0.43*) y el peso medio de fruto (r = 0.41*), y aunque son de menor magnitud fortalecen la explicación anterior. La importancia del diámetro de tallo queda demostrada por su correlación positiva con el área foliar por planta (r = 0.74**) y con el peso medio del fruto (r = 0.63*).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre características de plantas de pepino sembradas en baja densidad de población (9 plantas m^{-2}). Experimento I.

Variables	Diámetro del tallo (mm)	Área foliar por planta (dm^2)	Peso medio de fruto (g)	Frutos por planta
Área foliar por planta (dm^2)	0.74 **			
Peso medio de fruto (g)	0.63 *	0.41*		
Frutos por planta	0.15	0.43*	0.03	
Rendimiento por planta (kg)	0.24	0.47*	0.34	0.74**

*, ** P ≤ 0.05 y 0.01, respectivamente.

Experimento II

Las dos variedades con mayor número de características deseables para el sistema de producción de despuntes tempranos y altas densidades son 'Monarch' y 'Sprint 440' (Cuadro 4), porque generan mayor área foliar por planta, producen más frutos por planta y rinden más que las otras dos variedades cuyas características son menos apropiadas para este sistema de producción, aunque en grosor del tallo y peso promedio por fruto no son diferentes. La similitud del peso medio del fruto entre variedades se atribuye a que el criterio para definir el momento de cosecha fue que el fruto alcanzara un tamaño comercial.

En promedio de variedades, en la densidad de 16 plantas m^{-2} se redujeron (P ≤ 0.05) varias características: área foliar, peso medio del fruto, número de frutos y rendimiento por planta, respecto a la densidad de 9 plantas m^{-2} (Cuadro 5). El mayor número de plantas en la densidad alta compensó el mayor número de frutos por planta y el mayor peso de fruto de la densidad baja, de tal manera que el rendimiento por unidad de superficie fue similar en ambas densidades. Sánchez *et al*. (1999) y Villegas *et al*. (2004) observaron en tomate y Sánchez *et al*. (2006) en pepino, que a mayor densidad la producción de fotoasimilados por planta se reduce, lo que reduce el número y tamaño de frutos por planta, aunque el rendimiento por unidad de superficie sea similar. Rendimiento, Área foliar y número de frutos por planta, en este orden de importancia, fueron los caracteres que más redujeron su expresión al aumentar la densidad de población.

Así, en un sistema de producción hidropónico en invernadero en el que se apliquen despuntes tempranos y altas densidades de población, las características deseables para obtener un rendimiento alto son un elevado número de frutos por planta, sin detrimento del peso medio de los mismos, y una mayor área foliar. Una recomendación práctica que surge de este estudio es que la densidad óptima para el sistema de despunte a 1 m de altura para variedades como 'Monarch' o 'Sprint 440', es de 9 plantas m^{-2}, pues el costo de producción es menor que con mayores densidades (menos costo de semilla, agua, fertilizantes y mano de obra). En invernadero, con control adecuado de temperatura es posible completar en 60 d el ciclo de producción desde trasplante a fin de cosecha (Sánchez *et al.*, 2006), por lo que es factible obtener hasta seis ciclos por año; si se extrapola el rendimiento obtenido en este estudio (19.6 kg m^{-2} útil, que equivalen a

Cuadro 4. Pruebas de F para los contrastes ortogonales de caracteres medidos en las variedades de pepino 'Monarch' y 'Sprint 440' *vs* 'Moctezuma' e 'Indy'. Experimento II.

Variedades	Diámetro del tallo (mm)	Área foliar por planta (dm^2)	Peso medio de fruto (g)	Frutos por planta	Rendimiento por planta (kg)
'Monarch' y 'Sprint 440'	6.7	32.4	330	6.0	1.97
'Moctezuma' e 'Indy'	6.3	24.1	331	4.0	1.30
Diferencia	0.4 ns	8.3 *	1 ns	2.0 *	0.67 *

ns = No significativo. * = Significativo (P ≤ 0.05).

Cuadro 5. Efectos de la densidad de población en planta de pepino, en promedio de cuatro variedades. Experimento II.

Densidad (plantas m^{-2} útil)	Diámetro del tallo (mm)	Área foliar por planta (dm^2)	Peso medio de fruto (g)	Frutos por planta	Rendimiento por planta (kg)	Rendimiento (kg m^{-2} útil)
9	6.37 a	31.7 a	357 a	6.1 a	2.18 a	19.62 a
16	6.65 a	24.8 b	304 b	4.0 b	1.22 b	19.52 a
Promedio	6.51	28.25	331	5.05	1.70	19.57
DMS (0.05)	1.18	6.35	40	1.04	0.26	4.0

Valores con las mismas letras en una columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

13 kg m^{-2} de invernadero), potencialmente podrían producirse 700 t ha^{-1} de fruto por año, más del doble de las 300 t ha^{-1} reportadas por Resh (2001) para los sistemas convencionales de producción en condiciones protegidas.

CONCLUSIONES

En un sistema de producción de pepino en el que se apliquen despuntes tempranos (plantas de 1 m de altura) y alta densidad de población en un ambiente poco restrictivo (invernaderos e hidroponía), el número de frutos y el área foliar por planta son los caracteres más relacionados con el rendimiento por planta. El rendimiento por unidad de superficie no presentó diferencias entre las densidades de 9 a 16 plantas m^{-2} útil. Las variedades 'Monarch' y 'Sprint 440' reúnen el mayor número de características favorables para conformar un modelo de planta de pepino apropiado para este tipo de ambientes de producción de despuntes tempranos y altas densidades de población.

BIBLIOGRAFÍA

Acquaah G M, W Adams, J D Kelly (1991) Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry Bean. Crop Sci. 31:261-265.

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 E (2004) Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4a ed. UNAM. México, D. F. 217 p.

Resh H M (2001) Cultivos Hidropónicos. 5a ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 p.

Robbins N S, D M Pharr (1987) Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements. HortScience 22:1264-1266.

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, J Ortíz C, Ma C Mendoza C, V A González H, Ma T Colinas L (1999) Características morfológicas asociadas con un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Agrociencia 33:21-29.

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.

Sedgley R H (1991) An appraisal of the Donald ideotype after 21 years. Field Crops Res. 26:93-112.

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.

Villegas J R, V A González H, J Carrillo S, M Livera M, F Sánchez Del C, T Osuna E (2004) Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. Rev. Fitotec. Mex. 27:333-338.

Wien H C (1999) The cucurbits: cucumber, melon, squash and pumpkin. *In*: The Physiology of Vegetable Crops. H C Wien (ed). CABI Pub. Ithaca, New York, USA. pp:345-386.