

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

“EVALUACION DEL MANEJO DE LA PODA EN PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA, MEXICO.”

TESIS

EDGAR IVAN LEYVA ESPINOZA

NOVIEMBRE DE 2010

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

“EVALUACION DEL MANEJO DE LA PODA EN PEPINO (*Cucumis sativus* L.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA, MEXICO.”

TESIS

EDGAR IVAN LEYVA ESPINOZA

NOVIEMBRE DE 2010

**EVALUACION DEL MANEJO DE LA PODA EN PEPINO (*Cucumis sativus* L.)
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO,
SONORA, MEXICO**

TESIS

Sometida a consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

Por

Edgar Iván Leyva Espinoza

Como requisito parcial para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo
Fitotecnista

Noviembre de 2010

Esta tesis fue realizada bajo el consejo particular aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR: 
DR. JESUS LOPEZ ELIAS

ASESOR: J. C. ROQUEL
DR. JULIO CESAR RODRIGUEZ

ASESOR: 
DR. MARGO ANTONIO HUEZ LOPEZ

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por darme la oportunidad de vivir, crecer, salir adelante y de ser alguien de provecho en la vida.

A mis padres por ayudarme a sobresalir en cada una de mis metas.

Quiero agradecer sinceramente al Dr. Jesús López Elías por haberme instruido en mi trabajo para realizar este proyecto, así como su gran disposición y amistad durante todo este tiempo.

Agradezco también al Dr. Julio Cesar Rodríguez ya que su asesoría fue de gran ayuda, al igual que por su apoyo para la realización de este proyecto dentro del área de invernaderos. Al Dr. Marco Antonio Huez López por su asesoría y apoyo en el seguimiento de las plantas en el Departamento de Agricultura y Ganadería.

A cada uno de los maestros del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

A todos mis compañeros y maestros que me brindaron su amistad y apoyo durante la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres, Alberto Leyva Preciado y Dora Alicia Espinoza Morales, por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mis estudios y por apoyarme en cada una de mis decisiones.

A mis hermanos, Adolfo e Hiram, que de alguna u otra forma me han apoyado durante mi estancia en la Universidad.

Para Fernanda. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es.

CONTENIDO

| | Pág. |
|-------------------------------------|-------------|
| INDICE DE CUADROS Y FIGURAS | <i>vi</i> |
| RESUMEN | <i>vii</i> |
| OBJETIVO E HIPOSTESIS | <i>viii</i> |
| INTRODUCCION | 1 |
| LITERATURA REVISADA | 2 |
| El cultivo de pepino | 2 |
| Los invernaderos | 3 |
| El cultivo de pepino en invernadero | 11 |
| MATERIALES Y METODOS | 27 |
| Sitio experimental | 27 |
| Invernadero | 27 |
| Aclimatación | 27 |
| Material vegetativo | 28 |
| Manejo agronómico | 28 |
| Tratamientos | 28 |
| Variables evaluadas | 29 |
| Diseño experimental | 29 |
| Análisis estadístico | 29 |
| RESULTADOS Y DISCUSION | 30 |
| Días a floración | 30 |
| Días a cosecha | 30 |
| Producción | 30 |
| Calidad del fruto | 32 |
| CONCLUSIONES | 35 |
| LITERATURA CITADA | 36 |

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Cuadro 1. Situación de las inversiones de invernadero para hortalizas en México. | 7 |
| Cuadro 2. Temperatura (°C) para el cultivo de pepino. | 9 |
| Cuadro 3. Temperaturas óptimas de la planta de pepino. | 10 |
| Cuadro 4. Marcos de plantación en pepino. | 17 |
| Cuadro 5. Niveles normales en las hojas de planta adulta (sobre materia seca). | 24 |
| Cuadro 6. Niveles de deficiencia en hojas de planta adulta (sobre materia seca). | 24 |
| Cuadro 7. Días a floración e inicio de cosecha en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) bajo condiciones de invernadero. | 30 |
| Cuadro 8. Número de frutos por planta, peso del fruto (g) y rendimiento (kg m ⁻² y cajas ha ⁻¹) en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.), categoría Fancy, bajo condiciones de invernadero, por cultivar. | 31 |
| Cuadro 9. Número de frutos por planta, peso del fruto (g) y rendimiento (kg m ⁻² y cajas ha ⁻¹) en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.), categoría Fancy, bajo condiciones de invernadero, por descuelgue. | 32 |
| Cuadro 10. Longitud (cm), diámetro (mm) y firmeza (kg) del fruto en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) bajo condiciones de invernadero, por cultivar. | 33 |
| Cuadro 11. Longitud (cm), diámetro (mm) y firmeza (kg) del fruto en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) bajo condiciones de invernadero, por descuelgue. | 33 |
| Figura 1. Pepino americano. | 13 |
| Figura 2. Pepino español. | 14 |
| Figura 3. Pepino europeo. | 14 |
| Figura 4. Sistema de poda en sombrilla. | 19 |
| Figura 5. Sistema de poda en árbol. | 20 |
| Figura 6. Invernadero del DAG, multisensor WXT510 y datalogger. | 28 |
| Figura 7. Temperaturas máximas y mínimas dentro del invernadero y la media. | 32 |

RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo propiciado por la incertidumbre de los productores de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero en lo referente a la decisión del sistema de poda a utilizar. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de tres cultivares de pepino bajo dos sistemas de poda, en condiciones de invernadero, con la finalidad de generar información adecuada para que los productores tomen su decisión respecto al sistema de poda a implementar. Este trabajo se realizó en un invernadero que se localiza en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, durante el ciclo otoño-invierno de 2009. El material vegetal que se utilizó fue pepino americano, híbridos Camán, Esperón y Modán, todos ellos partenocárpicos. El diseño del experimento fue de bloques completos al azar en arreglo factorial, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron dos formas de descuelgue de la planta (una dejando solo el tallo principal eliminando los laterales y otra pinzado el tallo principal y dejando dos laterales). Cada repetición estaba constituida por cinco plantas. Se evaluó los días a floración, al igual que a inicio de cosecha, la producción (representada por el número de frutos por planta, el peso del fruto y el rendimiento); al igual que la calidad de la producción (longitud, diámetro y firmeza del fruto). En el ciclo agrícola de otoño-invierno, el manejo agronómico del cultivo de pepino en invernaderos sin calefacción se puede realizar con el descuelgue del cultivo a un tallo, sin necesidad de dejar laterales, debido a que las bajas temperaturas retardan el crecimiento de los brotes secundarios. Además de que dicha técnica requiere de menor mano de obra. No se observó precocidad por parte de alguno de los híbridos evaluados, al igual que por el sistema de poda al descuelgue del cultivo, iniciando la floración a los 33 días después de la siembra y la cosecha a los 69 días. El número de frutos por planta en el híbrido Esperón, con descuelgue del cultivo a un tallo, fue mayor respecto de Camán y Modán, recomendándose su implementación por presentar también bajo porcentaje de flores masculinas y menor cuateo. El peso del fruto, al igual que los parámetros de calidad, representados estos por la longitud, el diámetro y la firmeza del fruto, estuvieron dentro de los estándares establecidos para pepino americano, con un peso promedio de 330 g en la categoría Fancy, longitud de 23.2 cm, diámetro de 5.0 cm y firmeza de 4.8 kg.

Palabras clave: *Cucumis sativus*, entrenamiento, invernadero, pepino, variedades.

OBJETIVO E HIPOTESIS

Objetivo general.

Evaluar el comportamiento de tres cultivares de pepino americano (*Cucumis sativus* L.) bajo dos sistemas de poda, en condiciones de invernadero.

Hipótesis.

La poda en el cultivo del pepino influye en el rendimiento y la calidad de la producción. El sistema de poda a un tallo mejora la recepción de luz, incrementa la producción y mejora la calidad, cuya respuesta difiere de acuerdo con el cultivar.

INTRODUCCION

En Sonora, los campos habilitados con riego comprenden aproximadamente el 96.5% de la superficie total cosechada. En este Estado se tiene un alto nivel tecnológico en la producción agrícola, ya que cuenta con presas de almacenamiento, pozos profundos, infraestructura para riego, implementos mecanizados para las labores, uso de fertilizantes y pesticidas, al igual que el uso de semillas mejoradas (<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/son/agri.cfm?c=444&e=28>).

La actividad agrícola de la entidad es una de las más importantes a nivel nacional, destacando el cultivo de frutales y hortalizas. En 39 000 hectáreas se producen 703 000 toneladas de productos hortofrutícolas, los cuales generan \$ 2 354 millones de pesos y 4 267 millones de jornales. El 20% de la producción se exporta a Estados Unidos de América, Japón y la Unión Europea, principalmente (www.ciad.mx/boletin/julago/COSAFI.pdf).

En los últimos años, a causa de la gran competencia por el mercado de exportación debido a las exigencias de calidad de los productos hortícolas y a la marcada disminución de la disponibilidad de agua de riego, el uso de invernaderos es una opción que ha tomado fuerza en el noroeste de México. Esta forma de producción responde a las nuevas exigencias y permite al horticultor producir con más consistencia, mejor calidad, obtener mayor rendimiento unitario, con un período más amplio de cosecha y sobre todo mayor eficiencia económica en el uso del agua (Grijalva *et al.*, 2006).

En la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero y/o casa sombra es importante establecer el manejo adecuado del cultivo. Entre estas prácticas de manejo está el si el cultivo se va a tutorar o no, lo que determinará entre otros aspectos el sistema de poda de formación y descuelgue del cultivo, al igual que la selección de las variedades que mejor se adapten a las condiciones de la región.

LITERATURA REVISADA

El cultivo de pepino

El pepino se cultiva desde hace más de 1 000 años A.C. Aunque se piensa que es nativo de la India, su cultivo se ha extendido de tal manera que es difícil determinar su procedencia. Este formaba parte de la gastronomía griega (con el nombre de "sikuos") y romana. Según cita Plinio, nunca faltaba entre los platos servidos al emperador Tiberio. Hoy en día, es un ingrediente típico en las ensaladas y su variante encurtido es un popular aperitivo. Fueron los romanos quienes lo introdujeron en el resto de Europa y los españoles quienes lo llevaron a América (http://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_Sativus).

Requerimientos climáticos

Esta planta pertenece a la familia de las Cucurbitáceas, necesita de un clima templado para desarrollar en condiciones óptimas (Euroresidentes, 2010).

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas, y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (Serrano, 1996).

Requerimientos de suelo

Los suelos adecuados para este cultivo son los de textura media, arenosa, aunque desarrolla en una amplia gama de suelos. En los suelos fuertemente arcillosos, la recolección se retrasa pero los rendimientos son más altos. Como este cultivo se desarrolla en poco tiempo y es una planta muy productiva, necesita suelos de gran fertilidad (Serrano, 1996).

Es muy exigente en temperatura y humedad del suelo. Como es una planta que necesita de humedad en el suelo, pero no admite los encharcamientos, requiere terrenos con buen drenaje y que puedan regarse con frecuencia. En suelos con una capa superficial de arena, aquellos recién barbechados son los que dan mejor resultado en el cultivo de pepino; mientras que en terrenos que llevan tres o cuatro años sin barbecho, el desarrollo vegetativo es deficiente y de producción baja. Además, el pH idóneo para este cultivo fluctúa de 6.0 a 7.2 (Serrano, 1996).

Los invernaderos

México cuenta con una diversidad en climas, suelos, personas y costumbres. Esto lo hace un país atractivo para producir hortalizas durante todo el año, con una presentación de frescura y calidad consistente. Sin embargo, la disponibilidad de agua cada vez se ha limitado debido principalmente al poco almacenamiento de las presas, sobre-explotación de acuíferos y años secos. Aquí es en donde a los invernaderos se les ha visto como una alternativa como un sistema de producción intensiva, ya sea usando las ventanas de comercialización en invierno o durante todo el año, dependiendo del desarrollo y estrategia de mercado que se tenga (Valadez, 2001).

Al respecto, un invernadero es aquella estructura que, además de proteger al cultivo de la lluvia, temperatura y humedad del aire extremas y el viento, permite el paso de la radiación solar reduciendo la pérdida de calor en particular de la componente del infrarrojo térmico. El grado de modificación climática va a depender del nivel tecnológico de los materiales usados en su construcción y de los equipos complementarios de climatización, humidificación, ventilación, fertilización carbónica e iluminación artificial, entre otros (Valadez, 2001).

La modificación climática propiciada por un invernadero permite reducir el ciclo del cultivo, aumentar rendimientos y cultivar fuera de época. En los últimos años se ha dado una expansión en la superficie protegida (acolchados, túneles e invernaderos) favorecida por la demanda de productos frescos y económicos a lo largo de todo el año por parte de los consumidores en los países desarrollados (Valadez, 2001).

La finalidad de un invernadero es prolongar el periodo de cultivo de las hortalizas delicadas, frutales y plantas ornamentales, al igual que protegerlas de condiciones ambientales adversas tales como temperaturas extremas y precipitaciones, así como de algunas plagas como roedores y pájaros (Mastalerz, 1977; Hanan *et al.*, 1978).

La producción de cultivos bajo invernadero es una de las técnicas más modernas que se utilizan actualmente en la producción agrícola. La ventaja del sistema de invernadero sobre el método tradicional a cielo abierto, es que bajo invernadero se establece una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera propicia un microclima que permite proteger el cultivo del viento, lluvia, plagas, enfermedades, malezas y animales. Igualmente, esta protección permite al agricultor controlar la cantidad y calidad de luz, la temperatura y aplicar eficazmente el control químico y biológico para proteger el cultivo (<http://www.uaq.mx/ingenieria/especialidad>).

Durante el periodo de los años 1600's varias tecnologías fueron utilizadas para proteger los cultivos hortícola del frío. Se inclinaron a utilizar cubiertas de vidrio, jarras de campana, camas calientes con cubierta de vidrio. Posteriormente, en el siglo XVII se utilizaron armazones de madera forrados con papel translúcido impregnados de aceite y grasa, para calentar al ambiente, tal como se hace actualmente con las cubiertas de plástico. En los años 1700's se utilizó por primera vez la denominada casa de cristal (glasshouse), utilizando una cubierta de vidrio con techo inclinado hacia un solo lado, y posteriormente se utilizó hacia ambos lados (Jensen, 1997).

La producción de alimento en invernaderos se estableció completamente hasta la introducción de polietileno, en los EE.UU en 1948. Se utilizó por primera vez el polietileno como cubierta en invernaderos cuando el profesor Emmert, de la Universidad de Kentucky, utilizó un material más barato en lugar del vidrio. El profesor Emmert es considerado como el padre de los plásticos en EE.UU ya que él desarrolló muchos de los principios de la tecnología de los plásticos con propósitos para la agricultura, a través de

sus investigaciones sobre invernaderos, acolchados de plástico y cubiertas plásticas (Jensen, 1997).

El advenimiento del plástico en los últimos 30 años ha revolucionado completamente la construcción de invernaderos, haciendo posible la construcción de estructuras más baratas en los países desarrollados. El material más comúnmente usado en regiones con climas extremos es el llamado plástico blando o película de polietileno. Este es el material más barato disponible; desafortunadamente, aún con inhibidores de los rayos UV su vida útil no es mayor a dos años (Hanan, 1998).

El tener invernaderos con tecnología de vanguardia, no garantiza un éxito total para arrancar un negocio de invernadero; sin embargo, un sistema de invernadero sencillo, sin movimiento del sistema (ventanas laterales, ventanas cenitales, calefacción, etcétera), puede ser la diferencia de la rentabilidad del negocio. Los materiales usados como los plásticos de los techos, sustratos, sistemas de fertirrigación y tipo de manguera utilizada, también son importantes para garantizar un buen principio del negocio (Valadez, 2001).

Entre 1925 y 1935, un amplio desarrollo tuvo lugar en la modificación de los métodos de los fisiólogos de plantas para la producción a gran escala de los cultivos. Los trabajadores de Nueva Jersey de la Estación Experimental Agrícola mejoraron el método de cultivo de arena (Shive y Robbins, 1937). Los métodos de cultivo en arena y agua se utilizaron para la producción a gran escala por investigadores de la Estación Experimental Agrícola de California (Hoagland y Arnon, 1950). Cada uno de estos métodos usados presenta ciertas limitaciones para la producción de cultivos comerciales, mismos que fueron parcialmente superados con la introducción del sistema de subirrigación iniciado en 1934 en estaciones agrícolas experimentales de Nueva Jersey e Indiana (Withrow y Withrow, 1948). Gericke (1940) publicó una descripción de un invernadero casi-comercial de la técnica de producción en agua y al parecer acuñó de paso la palabra hidroponía. La tecnología se utilizó en las islas del Pacífico durante la Segunda Guerra Mundial en algunas aplicaciones limitadas.

Después de la guerra, La Universidad de Purdue popularizó la hidroponía (llamada nutricultura) en una clásica serie de boletines del servicio de extensión (Withrow y Withrow, 1948) que describen la entrega precisa de la solución nutritiva a las raíces de las plantas, ya sea en un sistema líquido o de agregados. Si bien hubo interés comercial en el uso de estos sistemas, la nutricultura o hidroponía no fue aceptada debido a los altos costos en la construcción de las camas de concreto para el crecimiento del cultivo.

El sistema hidropónico en áreas de invernadero fue significativo cuando comenzó a expandirse en Europa y Asia, durante los años 1950 y 1960, desarrollándose los grandes sistemas en los desiertos de California, Arizona, Abu Dhabi, e Irán en 1970 (Jensen y Terán, 1971; Fontes, 1973). En esos lugares del desierto, las ventajas de la tecnología fueron favorecidas por la duración y la intensidad de la radiación solar, misma que maximiza la producción fotosintética.

En el Cuadro 1 se presenta como fue la inversión en invernaderos en México en un período de cinco años, observándose que el área bajo este sistema de producción creció significativamente, siendo Sinaloa, Jalisco y Sonora los principales estados productores de hortalizas bajo condiciones de invernadero.

Condiciones ambientales

El medio ambiente artificial propiciado por los invernaderos suele ser el adecuado para el crecimiento vegetal, lo cual permite generar mayor rendimiento e ingresos que el cultivo en campo abierto. Sin embargo, microfactores climáticos tales como temperatura, humedad, aireación y las precipitaciones en el interior invernaderos de plástico, junto con la labranza y la fertilización han causado la acidificación, la salinización, el enriquecimiento de nutrientes y el desequilibrio en los suelos (Xue, 1994; Li *et al.*, 2004). Por lo tanto, este ambiente artificial se convierte en fundamental para evaluar la sostenibilidad económica y la calidad del suelo. Estos cambios pueden

proporcionar los sistemas alternativos, en comparación con el cultivo en invernaderos de plástico (Kennedy y Smith, 1995; Yao *et al.*, 2000; Schutter *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Situación de las inversiones de invernadero para hortalizas en México.

| ESTADO | OPERANDO ha (1999) | CONSTRUYENDO ha (1999) | OPERANDO ha (2004) | CONSTRUYENDO ha (2004) |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| BCN | 55.5 | 38.0 | 583 | 80 |
| BCS | 106.5 | 70.5 | 106.5 | 70.5 |
| COAHUILA | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 0.0 |
| COLIMA | 0.0 | 70.0 | 0.0 | 70.0 |
| CHIHUAHUA | 0.0 | 20.0 | 43 | 10 |
| GUANAJUATO | 3.0 | 20.0 | 52 | 24 |
| JALISCO | 162.0 | 30.0 | 427.5 | 97 |
| MÉXICO | 0.8 | 0.0 | 0.8 | 0.0 |
| MORELOS | 16.0 | 0.0 | 78.5 | 73.5 |
| QUERETARO | 21.5 | 0.0 | 52 | 17 |
| SAN LUIS POTOSÍ | 0.0 | 70.0 | 110 | 12 |
| SINALOA | 169.0 | 30.0 | 504 | 117 |
| SONORA | 44.0 | 11.5 | 209 | 33 |
| VERACRUZ | 22.0 | 10.0 | 22.0 | 10.0 |
| YUCATÁN | 35.0 | 0.0 | 71.5 | 47 |
| ZACATECAS | 0.0 | 0.0 | 41.0 | 30.0 |
| TOTAL | 641.3 | 370 | 2306 | 691 |

AMPHI (2004).

(<http://www.uaq.mx/ingenieria/especialidad>)

Grange y Hand (1998) establecieron que la humedad entre 1.0 y 0.2 kPa de la tasa neta de asimilación no afecta la fisiología y desarrollo de los cultivos hortícolas; sin embargo, el déficit de presión de vapor mayor a 1.0 kPa puede reducir el peso seco de muchas especies como begonia, saintpaulia, dendramathema, euphoria, mientras que otras como la rosa, el pepino y la lechuga no se ven afectadas (Hanan, 1998).

Las ventanas de los invernaderos son elementos de especial interés en las estructuras. Una correcta ventilación permitirá actuar, de forma económica, sobre la temperatura, la humedad relativa y los niveles de CO₂ dentro del invernadero (Antón, 2004).

Efectos de la radiación solar

Alrededor de 30 años de observaciones permitió concluir que no importa el lugar de localización. La radiación siempre será deficiente en invernaderos en los meses de enero y febrero en el hemisferio norte para especies como las rosas y el pepino (Hanan, 1998).

El denominado efecto invernadero se logra, en parte, por la absorción de la energía solar, que es recibida por la tierra en su mayor parte en forma de onda corta de longitud entre 300 y 475nm. Casi la mitad de esa energía es reflejada entre longitudes de onda larga de 3 500 y 25 000 nm. El vidrio es transparente para longitudes de onda de entre 350 y 2 400 nm, transmitiendo el 90% de luz a 350 nm de luz solar directa y difunde la radiación al espacio, pero es opaco para las ondas de más de 3 000 nm. Esta es una de las causas del efecto invernadero, aunque solamente el 22% del incremento de temperatura de un invernadero puede ser atribuido a la captación de esta radiación (Businger, 1963; Bot, 1983).

Para plantas jóvenes de tomate, pepino y pimiento están a su máximo nivel de desarrollo cuando la luz integral diaria es 4 MJ m^{-2} y su tasa de crecimiento relativo es de alrededor de $3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Hanan, 1998).

Efectos de la temperatura

El período de crecimiento de los cultivos en invernadero varía considerablemente. Algunos cultivos como el rábano y la lechuga tienen un período de crecimiento de entre 4 y 15 semanas, dependiendo principalmente de la estación de crecimiento, por lo que diferentes cultivos pueden desarrollar sucesivamente en un año. Otros cultivos de hortalizas como el tomate, pimiento y pepino se puede cultivar todo el año en condiciones climáticas moderadas, mientras que en climas relativamente cálidos estos pueden ser cultivados durante 8 meses, debido a las altas temperaturas dentro de los invernaderos en el verano.

La temperatura óptima para la germinación de las variedades sin semilla es 26.7 a 27.8° C. Variedades con semilla germinan de 21.1 a 23.9° C. La semilla a menudo viene con la temperatura de germinación impresa en el envase, siendo necesario comprobar los requerimientos de temperatura para estar seguros (University of Alaska, 2009).

Los pepinos de invernadero son más sensibles a las bajas temperaturas que los tomates. Las temperaturas mínimas no deberían ser inferiores a 18.3° C para una producción sostenida. Temperaturas prolongadas por arriba de 35.0° C también debe evitarse durante la producción de frutos, puesto que la calidad de estos a temperaturas extremadamente altas se ve reducida (Hochmuth *et al.*, 1996).

En el Cuadro 2 se presentan los valores de temperatura que suelen aplicarse al cultivo de pepino.

Cuadro 2. Temperatura (°C) para el cultivo de pepino.

| Planta | Día | Especial | Noche | Comentarios |
|--------|-------|----------|-------|---------------------------------|
| Pepino | 26-29 | 28 | 21 | 28 = Temperatura de Germinación |

La temperatura junto con la humedad relativa es el factor más importante en este cultivo. Con temperaturas bajas se tiene una paralización del cultivo, y no se recupera fácilmente en días posteriores con temperaturas adecuadas, ni con abonados. Se debe evitar caer por debajo del cero vegetativo (15° C), durante un periodo mayor de 24 horas continuas, lo que podría resultar muy difícil sin apoyo de calefacción (Aguado, 2002).

Con temperaturas entre el cero vegetativo y el mínimo, la planta manifiesta síntomas en las hojas que pueden llegar a confundirse con deficiencias (y de hecho lo son) pero cuya causa principal es la temperatura. Estos síntomas no desaparecen con el restablecimiento de la temperatura (Aguado, 2002).

En el Cuadro 3 se presentan las temperaturas consideradas óptimas para el cultivo de pepino.

Cuadro 3. Temperaturas óptimas de la planta de pepino.

| Etapa de desarrollo | Temperatura (° C) | |
|----------------------|-------------------|----------|
| | Diurna | Nocturna |
| Germinación | 27 | 27 |
| Formación de planta | 21 | 19 |
| Desarrollo del fruto | 19 | 16 |

(<http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>)

Las temperaturas que durante el día oscilen entre 20 y 30° C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25° C, mayor es la producción precoz. Por arriba de los 30° C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente los procesos de fotosíntesis y respiración. Temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17° C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12, y a 1° C se produce una helada en la planta. El uso de dobles cubiertas en invernaderos supone un sistema útil para aumentar la temperatura y la producción en pepino (<http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>).

La temperatura es bien conocida por afectar los síntomas virales en la expresión del fitosistema, como del virus mosaico moteado verde del pepino (CGMMV), y entre mayor sea la temperatura el efecto incrementa (Moreno *et al.*, 2004). Soler *et al.* (1998) observaron que la resistencia a MYSV en pepino fue afectado por la temperatura (25 y 30° C). Alta temperatura facilita la expresión de síntomas, al igual que la propagación viral en pepino con resistencia. Los patrones de expresión de los síntomas en las diversas temperaturas difieren según el huésped, en combinación con el virus.

Las plantas tropicales y subtropicales muestran un daño fisiológico diferente cuando son expuestas a temperaturas bajas (Lyon, 1973; Krause, 1994). Este fenómeno se conoce como daño por frío. Debido a que el fenómeno se observa a temperaturas superiores a 0° C, el daño por frío es muy distinto a la lesión por congelación, que se asocia principalmente con trastornos físicos causados por la congelación del agua.

Aunque el daño por frío puede ser inducido en completa oscuridad, es más marcado en luz débil (Terashima *et al.*, 1994; Krause, 1994).

El daño por frío en la luz es considerada como una especie de fotoinhibición. Hace alrededor de 30 años, Lyon (1973) señaló que el daño por frío de las plantas manifiesta características distintas. En primer lugar, existe un umbral de temperatura por debajo del cual se induce el daño por frío (Powles *et al.*, 1982).

Esto contrasta con la fotoinhibición del fotosistema I que muestra una dependencia de la temperatura relativamente lineal, sin ningún tipo de umbral de daño por temperatura (Terashima *et al.*, 1994).

Efectos de la concentración de CO₂

Niveles altos de CO₂ de alrededor de 500 Pa (5 000 ppm) han sido investigados; sin embargo, usualmente los niveles altos resultan en daños a la planta. Concentraciones bajas, para algunas especies como pepino, tomate y berenjena, podrían presentar amarillamiento en el follaje en concentraciones menores a 50 Pa (500 ppm) (Hanan, 1998).

La mayoría de los autores han encontrado que el incremento de CO₂ tiende a cerrar los estomas. Ecuaciones ajustadas han mostrado que incrementar 10 Pa de CO₂ reduce la conductividad de 3 al 4% en pimiento, pepino y tomate, y en un 11% en berenjena (Hanan, 1998).

El cultivo de pepino en invernadero

La producción de pepino en invernadero es muy popular en muchas áreas del mundo. El pepino es un cultivo de verano ofreciendo las condiciones necesarias para su crecimiento y bastante luz solar, de entre 80 y 85 días (Jensen, 1997).

Los inicios de la producción de alimentos en invernadero, posiblemente fue mediante el desarrollo de pepino fuera de época bajo piedras transparentes, efectuado

por el emperador romano Tiberios al inicio del primer siglo. Esta tecnología fue muy poco utilizada en su totalidad durante los siguientes 1 500 años (Jensen, 1997).

Los pepinos son muy sensibles a las condiciones tales como las sales de los fertilizantes, la luz, la temperatura del aire, la humedad y el dióxido de carbono. Las grandes fluctuaciones en cualquiera de las condiciones de crecimiento se traducirán en menos producción de frutos y pepinos con sabor amargo (University of Alaska, 2009).

Tres distintos tipos de pepino para ensalada son los que se producen en invernadero. El tipo americano estándar, el japonés y el tipo europeo. Todas las variedades de pepino europeo que se establecen en invernadero producen frutos sin necesidad de polinización. Estos son ginoicos en el hábito de floración, esto es que solamente producen flores femeninas y los frutos se desarrollan sin necesidad de polinización por abejas u otro medio. La floración se produce en la base de cada hoja por lo que el potencial de rendimiento es elevado (Hunter y Hickman, 1984).

Para producción doméstica o comercial, los más populares son las variedades largas sin semilla como el americano (Figura 1), el español (Figura 2) y el europeo (Figura 3). Las variedades tradicionales anteriores tienen semillas y espinas blancas.

Las variedades sin semilla tienen fruto partenocárpico o fruto que no desarrolla semilla. Con estas variedades no se necesita de polinización. El fruto es largo, la piel es suave y una longitud de 12 a 24 pulgadas cuando está listo para su cosecha (University of Alaska, 2009).

Las variedades de semilla requieren polinización para formar un fruto saludable. Tienen flores masculinas y femeninas. El polen de la flor masculina debe ser transferido a la flor femenina. Al aire libre bajo condiciones de buen clima, los insectos normalmente realizan la polinización. En invernaderos, es responsabilidad del productor transferir el polen. Cuando los pepinos no son polinizados apropiadamente, los frutos se

deforman y hay poco desarrollo, especialmente en el extremo del fruto donde se ubica la flor (University of Alaska, 2009.)

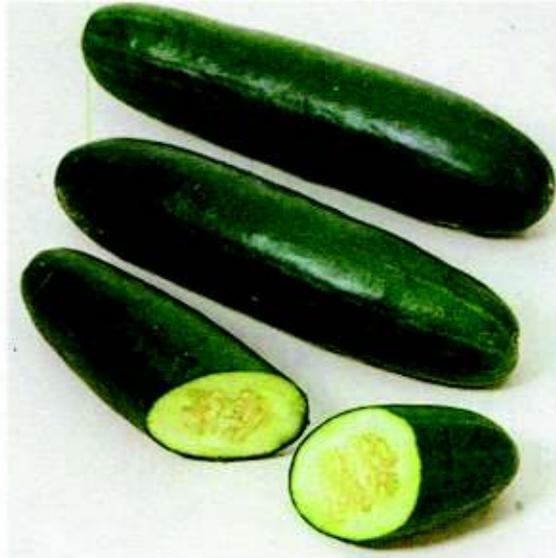


Figura 1. Pepino americano. <http://www.venytomateuncafeconcafeina.es/blog/wpcontent/uploads/2010/05/pepinol.jpg>



Figura 2. Pepino español. (<http://www.actiweb.es/hortoejido/imagen6.jpg?14486>)



Figura 3. Pepino europeo [http://www.hortalizas.com/articulos/image/Persa%20Cuke_Hazera%20Experimental%20Station_Expo%20SIN%2009%20by%20AR%20117%20\(81\).jpg](http://www.hortalizas.com/articulos/image/Persa%20Cuke_Hazera%20Experimental%20Station_Expo%20SIN%2009%20by%20AR%20117%20(81).jpg)

En los pepinos, como en muchas otras especies, existen variedades diferentes, y a menudo se utiliza el nombre de la ubicación geográfica en la variedad, lo cual es común. Probablemente, el más fácil de reconocer es el tipo de pepino Inglés o la variedad "Burpless" (<http://www.growcucumbers.com/cucumber-varieties.html>).

Existen muchos cultivares disponibles para la producción de pepino en invernadero. Los cultivares disponibles son producidos generalmente por las compañías de semillas europeas; sin embargo, algunas de las empresas tienen representantes de ventas y soporte técnico en América del Norte. Los cultivares cambian con frecuencia y, como resultado, los productores deben consultar las recomendaciones actuales a través de los agentes locales de extensión y los representantes de la industria. Varios factores deben ser considerados al seleccionar un cultivar, incluyendo la resistencia a enfermedades, vigor de la planta, el rendimiento precoz y total, tamaño del fruto, al igual que el color y la calidad del fruto en general. La resistencia a enfermedades es un factor especialmente importante al seleccionar un cultivar.

Dos evaluaciones de cultivares se llevaron a cabo en el otoño de 1995 y la primavera de 1996 en Live Oak, Florida. Varios cultivares dieron buen desempeño: Kalunga, Bellissima, Millagon, Descubre, Mariana, Fitness, Aramon y Fidelio. Los más susceptibles a la Botritis fueron: 90-0048, BE1828, Futurea y B-1157. Durante largo tiempo, Fidelio fue el cultivar más popular por su buena producción y suavidad del fruto; sin embargo, el fruto presentó longitud más corta que las demás variedades. Los frutos con mayor longitud fueron aquellos obtenidos por 90-0048. El color más oscuro en el fruto fue observado en BE1828, Kalunga y Bellissima. El color más leve del fruto se encontró en Futura. El cultivar Tyria resultó especialmente susceptible a lesiones por tizón. Bolonia también ha sido muy popular entre los productores desde finales de 1990 (Hochmuth *et al.*, 1996).

Los pepinos ingleses son de un color verde oscuro y delgado. A veces puede que se curveen alrededor de los extremos del fruto o adquieran la forma de un boomerang. Tienen una cera exterior, la piel brillante y son conocidos por no ser tan amargos como otros tipos de pepinos. Esto es porque la planta no contiene gran cantidad de semillas. Se cree que estos pueden hacer que adquieran dicho sabor (<http://www.cucumbervarieties.Net>).

Establecimiento

Un buen suelo para pepino en invernadero debe tener buen drenaje, con una profundidad de al menos 1.22 m, bajo en sales solubles y libre de enfermedades. Son preferidos aquellos suelos de textura franco-arenosa, que suelos arenosos o arcillosos (Hunter y Hickman, 1984).

El pepino puede desarrollarse directamente en el suelo o en bolsas de sustrato. En caso de establecerse en el suelo, es esencial que este tenga buen drenaje para evitar el incremento de sales solubles las cuales dañen las raíces de la planta, siendo preferible utilizar suelos ligeros o franco arenosos. Una ventaja de la utilización de suelo directo es que es más económico y el manejo de nutrientes es menos crítico (Marr, 1995).

El desarrollo de plantas en suelo posee tres ventajas:

1. El suelo está diseñado para ser utilizado por las plantas.
2. Asumiendo suelos sin densidades altas, el volumen es tal que promueve un desarrollo radicular ilimitado.
3. Es el medio de desarrollo menos costoso.

Sin embargo, al desarrollar un cultivo en el suelo requiere de prácticas culturales marcadamente diferentes, tales como la reducción en la frecuencia de los riegos, con una menor aplicación de fertilizantes. Un problema particular que se presentan en las plantaciones en suelo directo es la amplia diversidad de tipos de suelo que pueden encontrarse, fluctuando los suelos rojos, arcilloso típicos de las regiones áridas hasta suelos ácidos de color negro de regiones de clima húmedo. Otra gran desventaja de la utilización de suelo es el hecho de que es extremadamente difícil controlar muchos de los organismos patógenos nativos, debido a que el volumen del sustrato es infinito y que los procedimientos normales de esterilización química o pasteurización con vapor son apropiados solamente a corto plazo (Hanan, 1998).

Las semillas de pepino se pueden sembrar directamente en el suelo, o hacer semillero en charolas de siembra para luego hacer la plantación con planta ya hecha. Cuando se trate de variedades híbridas, cuyas semillas tiene un precio elevado, se hará semillero para ahorrar semilla. Antes de sembrar hay que hacer una prueba de germinación de las semillas, para comprobar su viabilidad.

La distancia a la que deben de quedar unas plantas de otras, dentro la línea de siembra, es 40 a 50 cm.

Cuando se siembra directamente en el suelo, se ponen dos o tres semillas por punto a una profundidad de unos 2 cm. La cantidad de semilla que se necesita para sembrar mil metros cuadros de pepino es de 300 g.

Cuando la temperatura es de 20° C, el tiempo que tarda en emerger la plántula desde el momento que se hace la siembra es de 7 a 10 días. A 30° C tardará en emerger de 4 a 5 días (Serrano, 1996).

La decisión del número de plantas para establecer en un área determinada de invernadero debe basarse en las condiciones de luminosidad que se espera durante el desarrollo del cultivo y también en el método de poda. Cuando se espera que cada hilera tenga una iluminación completa (de primavera a otoño) puede establecerse mayor número de plantas, comparado con invierno cuando existe menor luminosidad. Con buena luminosidad cada planta puede colocarse en un área de alrededor de 0.46 m². Alrededor del doble de espacio puede requerirse bajo condiciones de baja luminosidad (Hunter y Hickman, 1984).

El espaciamiento entre hileras y plantas adentro de la hilera puede variar de acuerdo a la preferencia del productor. Las hileras son comúnmente separadas de 122 a 152 cm, con plantas separadas de 30 a 46 cm dentro de la hilera (Hunter y Hickman, 1984).

Marco de plantación

En primavera se puede ir a marcos mínimos, pero si el cultivo se adentra en periodo de otoño es conveniente ir a marcos óptimos o máximos para favorecer la iluminación y fomentar la floración, sobre todo en pepino español que tiene una vegetación más abundante (Aguado, 2002).

A continuación (Cuadro 4) se presentan los marcos de plantación más comunes utilizados en pepino.

Cuadro 4. Marcos de plantación en pepino.

| | Entre líneas | | | Entre plantas | | |
|----------------|--------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | mínimo | óptimo | máximo | mínimo | óptimo | máximo |
| Pepino español | 1 m | 1.2 m | 1.4 m | 35 cm | 40 cm | 50 cm |
| Pepino francés | 1 m | 1.1 m | 1.2 m | 30 cm | 35 cm | 45 cm |

Poda

Uno de los sistemas de poda que se siguen en el cultivo del pepino es el siguiente:

Por debajo de los 40 a 50 cm del tallo principal se elimina todos los brotes que salgan. También en esa parte del tallo se van eliminando poco a poco las hojas y los frutos que se vayan formando. A partir de los 40 a 50 cm, hasta un metro, se respetan todos los brotes secundarios, dejando en cada uno de ellos dos hojas y un fruto. Se despuntan todos estos brotes y se eliminan todos los brotes terciario que vayan apareciendo.

A partir de un metro, hasta los dos metros de altura del tallo principal, se dejan de dos a tres frutos en todos los brotes secundarios, despuntando por encima de la tercera hoja y desbrotando los tallos desde esta altura se deja que la planta se desarrolle libremente (Serrano, 1996).

Brotes, hojas, flores y frutos se eliminan para mantener un equilibrio adecuado entre el crecimiento vegetativo y la carga de frutos para maximizar la producción. El entrenamiento maximiza la capacidad de la planta para obtener la energía que se requiere para el crecimiento. Un denso follaje de hojas proporciona demasiada sombra a los frutos, haciendo que presenten un color claro. La producción de flores depende de la producción de brotes. La remoción de frutos estimula el crecimiento de los brotes. Si los frutos son demasiados, una gran proporción de ellos se perderán debido a que la planta no puede tener reservas de alimentos suficientes. Si se tiene una carga pesada de frutos, se pueden observar malformaciones, o una mala coloración en los mismos. Sólo un fruto debe desarrollarse en la axila de cada hoja (Serrano, 1996).

Sistema de poda en sombrilla. Este sistema (Figura 4) es sencillo, no demasiado exigente en mano de obra y de fácil manejo (University of Alaska, 2009).

A continuación se presentan los pasos a seguir.

1. Se sujeta la planta de pepino con un alambre en posición vertical (A), hasta alcanzar los 2.1 m de altura. Posteriormente se poda en el punto de crecimiento en la parte superior.
2. Deberá prestarse apoyo a todos los frutos que desarrollan en la parte inferior del tallo principal.
3. Quitar todos los laterales, en la axila de la hoja en el tallo principal (B).
4. Los dos laterales deberán colgar sobre el alambre a ambos lados del tallo principal. Permitiendo a estos a crecer a los dos tercios del camino hacia abajo del tallo principal (E).
5. Cuando los frutos en los laterales primarios han sido cosechados (C), los laterales deben retirarse de nuevo a brotes fuertes, permitiendo los segundos laterales (D), y repitiendo este proceso para el tercer lateral (E).

(<http://www.uaf.edu/ces/publications-db/catalog/anr/HGA-00434.pdf>)

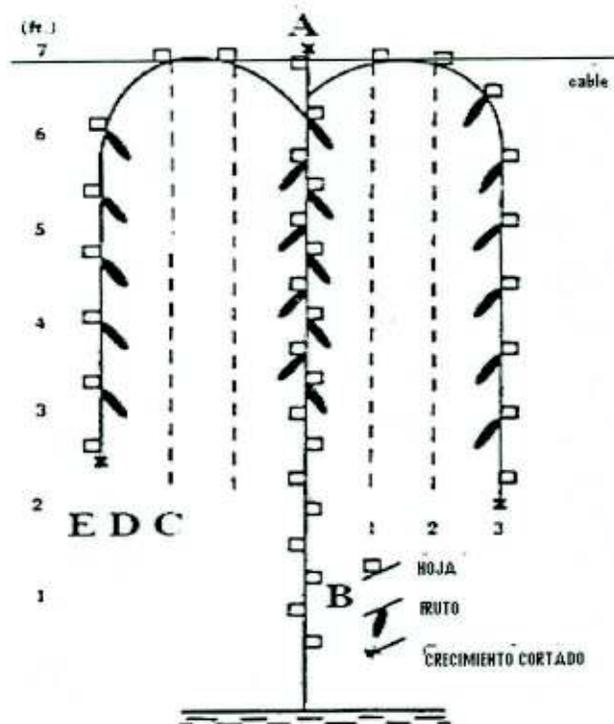


Figura 4. Sistema de poda en sombrilla. (A: alambre superior B: soporte C: fructificación lateral).

Sistema de poda en árbol. A continuación se presentan los pasos a seguir en este sistema de poda (Figura 5).

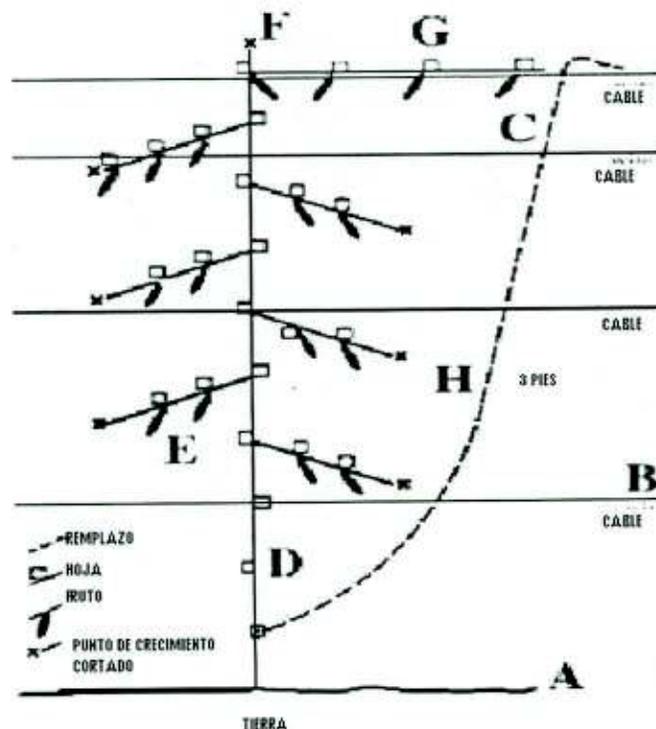


Figura 5. Sistema de poda en árbol. (A: nivel del suelo, B: cable, C: cadena de soporte, D: hojas removidas, E: área fructífera, F: punta cortada, G: cable lateral y H: sustitución lateral).

1. Se sujeta la planta de pepino a cables horizontales (B), espaciados alrededor de 60 cm de distancia. El alambre de arriba debe de estar a 1.8 m del suelo.
2. Se eliminan todas las hojas y los laterales, en la parte inferior, en los primeros 50 cm de la planta (D).
3. Cuando el tallo principal ha alcanzado el alambre superior, se elimina la punta de crecimiento (F).
4. Permitir que desarrolle un lateral en cada axila de la hoja, a lo largo del tallo principal, dejando dos hojas y posteriormente cortar el punto de crecimiento (E).
5. Dirigir el broto de la axila de la hoja superior, a lo largo del alambre (G).

6. Cuando la mayoría de los frutos han sido cosechados, en el tallo principal, permitir que un lateral desarrolle como sustituto y podar de la misma manera que el tallo principal (H).

Tutorado

La planta se entrena en un hilo de rafia. El sistema de tutorado varía en función de la variedad y su crecimiento, al igual que por el hábito de fructificación de cada variedad. El sistema general que se utiliza para las variedades sin semilla es sencillo, y no es demasiado exigente en mano de obra. En este tipo de pepinos, se utiliza el método de sistema de árbol.

Existen varios sistemas de entrenamiento para la producción de pepino en invernadero. El principio básico para desarrollar un sistema de entrenamiento es el de uniformizar a lo máximo la intercepción de luz por las hojas, a lo largo del día. La elección de un sistema de entrenamiento dependerá en gran parte de las facilidades del invernadero, el sistema de producción y la preferencia del productor (Hochmunt, 2001).

El entrenamiento del pepino también se realiza utilizando malla, bien de plástico o tejido de fibra, cuyas dimensiones varían según el fabricante pero se recomiendan de dos metros de alto. Los puntos de anclaje al alambre, de donde debe colgar deben de ser numerosos, con el fin de evitar pandeos o roturas por el peso en plena cosecha. El extremo bajo de la malla debe fijarse al suelo con ganchos o cualquier sistema que evite el efecto acordeón y el tumbado, además de favorecer el trepado de la planta. El pepino de por sí es torpe a la hora de trepar, lo cual es un problema si no está adherido en principio a la malla, por lo que debemos ayudarla en sus primeros estadios, tanto a las guías principales como a los primeros ramales secundarios (Aguado, 2002).

Es conveniente podar o pinzar los primeros brotes secundarios, sobre todo en la variedad Serena (pepino español), con el fin de dar fuerza al brote guía y evitar los ramales rastreros que producen frutos de “barriga pálida o amarilla” debido al contacto con el suelo. Una vez asegurado el trepado de todos los brotes no es necesario hacer ningún tipo de poda (Aguado, 2002).

Aclareo

Una carga excesiva resulta en frutos pobremente formados y sin valor comercial, mientras que un follaje excesivo puede interferir las prácticas de manejo y control de plagas, teniendo como resultado frutos indeseables de color pálido. La remoción de brotes es usada para limitar el crecimiento vegetativo y el desarrollo de la iniciación floral. La eliminación de flores y frutos es utilizada para controlar la localización y limitar el número de frutos en la planta, así como y para eliminar los frutos deformados y de poco valor comercial. La cantidad de poda necesaria varía con la variedad y el vigor de la planta (Marr, 1995).

Fertilización

El pepino en invernadero tiene un requerimiento alto de nutrientes y crece rápidamente cuando existe un suministro adecuado de los mismos. Por lo anterior, el productor debe planear un programa óptimo de nutrición, haciendo ajustes en el programa a medida que la demanda del cultivo cambia. La mayor demanda de nutrientes es durante el período de máxima producción de frutos. El nitrógeno y el potasio son requeridos en grandes cantidades; sin embargo, se requiere de un programa nutricional completo, incluyendo elementos menores esenciales. El diseño de un programa de fertilización varía dependiendo del sistema de producción deseado, poniendo especial cuidado cuando se interpreta o comparan resultados o artículos proveniente de otro sistema de producción (Hochmuth, 2001).

El pepino es muy exigente en abonos nitrogenados, en forma nítrica. Los abonos minerales deben aportarse muchas veces en dosis reducidas. Los abonos foliares son asimilados bastante bien por esta planta.

Como las plantas crecen y tienen más tejido para alimentar, los requisitos de fertilizantes aumentarán. Se inicia con un litro de solución de fertilizante por día por cada planta. Posteriormente, se ajustan los volúmenes de alimentación hacia arriba, en función de la luz solar y el aumento de tamaño de la planta. Una planta madura requerirá

de 3.8 a 7.6 litros de solución por día. El nitrógeno es el elemento más importante durante la temporada de crecimiento y deberá asegurarse de aplicar continuamente a través del agua de riego. Es más fácil comprar un fertilizante completo premezclado con micronutrientes. Si se elige la combinación, se empezará con una dosis baja, la cual aumentará a medida que la planta crece. La mayoría de los productores comerciales mezclan sus propios fertilizantes, adaptados a las necesidades específicas de los cultivos y al análisis de agua. El agua puede variar en pH, calcio, sodio y los niveles de micronutrientes. El agua de riego debe ser analizada, para que la formulación pueda sea ajustada. Si el agua es muy alcalina (pH alto), el ácido fosfórico puede ser usado como fuente de fósforo (University of Alaska, 2009).

En un sistema de producción directamente en el suelo, es recomendable aplicar todo el fósforo y el potasio, al igual que un poco de nitrógeno antes de la plantación. Una recomendación general es aplicar 56 kg de nitrógeno, 168 kg de fósforo (P_2O_5) y 280 kg de potasio (K_2O). Cualquier deficiencia de micro elementos detectada en el análisis debe ser corregida, incorporando al suelo fertilizantes con los micronutrientes requeridos, antes de la plantación. El nitrógeno debe ser inyectado al agua de riego cada vez que se proporcione un riego, utilizando materiales solubles como el nitrato de potasio (13%), nitrato de calcio (16%) o nitrato de amonio (33%). Durante las primera semanas, después del trasplante, se aplican de 5.6 a 11.2 kg ha^{-1} de nitrógeno semanalmente, incrementando gradualmente hasta aplicar de 28 a 33 kg ha^{-1} por semana durante la producción de frutos (Marr, 1995).

Un hecho importante, es el que las plantas producen síntomas en las hojas cuando el problema nutricional es serio. En ocasiones, el rendimiento y la calidad se ven significativamente afectados antes que los síntomas aparezcan. Un diagnóstico visual de desórdenes puede ser confundido por síntomas inducidos por factores no nutricionales, como enfermedades, plagas o aplicación de productos químicos (Creswell 2004).

Una desventaja de los análisis foliares, es que son lentos. La mayoría de los laboratorios pueden tomarse al menos una semana para procesar las muestras y reportar

los resultados al productor. En muchos casos, los laboratorios no hacen una interpretación de los análisis ni dan recomendación de cómo resolver la situación (Creswell 2004).

En los Cuadros 5 y 6, se presentan los niveles normales y de deficiencia en la hoja de los principales nutrientes.

Cuadro 5. Niveles normales en las hojas de planta adulta (sobre materia seca).

| Elemento | mg g ⁻¹ | Elemento | mg kg ⁻¹ |
|-------------------|--------------------|-----------|---------------------|
| Nitrógeno | 40-55 | Hierro | 80-200 |
| Nitrógeno-nítrico | 3-10 | Manganeso | 100-300 |
| Fósforo | 4-8 | Cobre | 5-15 |
| Potasio | 30-48 | Zinc | 40-100 |
| Calcio | 20-40 | Boro | 30-80 |
| Magnesio | 4.5-8 | Molibdeno | 1.5-2 |
| Sodio | < 1 | | |

Fuente: Antonio Casas Castro (2008).

Cuadro 6. Niveles de deficiencia en hojas de planta adulta (sobre materia seca).

| Elemento | mg g ⁻¹ | Elemento | mg kg ⁻¹ |
|-------------------|--------------------|-----------|---------------------|
| Nitrógeno | 25 | Hierro | 60 |
| Nitrógeno-nítrico | 1 | Manganeso | 50 |
| Fósforo | 2.5 | Cobre | 3 |
| Potasio | 15 | Zinc | 20 |
| Calcio | 16 | Boro | 20 |
| Magnesio | 23 | Molibdeno | < 0.75 |

Fuente: Antonio Casas Castro (2008).

(http://www4.cajamar.es/servagro/fertilizacion/analisis_foliares/analisis_foliares.htm)

Nota: El uso de las unidades en mg g⁻¹ o g kg⁻¹ (equivale a tanto por mil) y mg kg⁻¹ (equivale a ppm), según la norma SI.

Tanto el desarrollo vegetativo como la producción de fruto son severamente afectados cuando hay una fuente inadecuada de nitrógeno. Las plantas se ven pálidas y arrugadas. Las hojas nuevas son pequeñas, pero permanecen verdes, mientras que las hojas viejas se tornan amarillentas y mueren. Si el problema no es corregido, el amarillamiento se esparce hasta los brotes en hojas nuevas, el rendimiento se reduce y los

frutos se desarrollan cortos, pálidos y delgados. Para su corrección se aplican de 20 a 50 kg ha⁻¹ de nitrógeno o se realizan aplicaciones foliares de urea al 2% en volumen alto, por la tarde o en días nublados. En sistemas de cultivo sin suelo, se deberá utilizar una solución nutritiva con 150 a 200 ppm de nitrógeno (Creswell 2004).

Es evidente que los cambios drásticos en el suelo, como la aplicación de enmiendas al suelo, el ajuste del pH, las inundaciones y la labranza del suelo sólo pueden ser llevados a cabo entre los períodos de cultivo en el invernadero. Algunas manipulaciones pueden llevarse a cabo simultáneamente, como la adición de fertilizantes menos solubles como base de preparación y de la labranza del suelo. Estos abonos se mezclan homogéneamente en todo el suelo (Sonneveld y Van den Ende, 1971).

Alrededor de 1925, en los Estados Unidos se comenzó a desarrollar el interés en el posible uso de soluciones completas de nutrientes para la producción a gran escala de cultivos. Suelos de invernadero tuvieron que ser reemplazados a intervalos frecuentes, o bien ser mantenidos en buen estado de año a año, mediante la adición de grandes cantidades de fertilizantes comerciales. Como resultado de estas dificultades, los investigadores en las estaciones experimentales agrícolas de EE.UU. se enfocaron a los métodos de cultivo en solución nutritiva como una forma de sustituir el sistema natural del suelo con la solución nutritiva aireada o un suelo artificial, compuesto de agregados químicamente inertes, humedecidos con solución nutritiva (Withrow y Withrow, 1948).

Efecto de la salinidad en el crecimiento

Las sales totales afectan directamente el potencial osmótico. Además de los efectos sobre la osmosis, algunos iones pueden ser lo suficientemente elevados en la concentración como para causar una intoxicación e interferir en la absorción de otros nutrientes y el balance de los mismos. Los holandeses mostraron que los pepinos son altamente sensibles con rendimientos decrecientes del 14%, cuando la conductividad eléctrica del agua de riego incrementa 1 dS m⁻¹. Un incremento de 1 dS m⁻¹ en el agua de riego provoca un aumento de 2 dS m⁻¹ en el suelo. Los pepinos muestran una especial

sensibilidad al exceso de calcio y magnesio. Las más perjudiciales son las aplicaciones de bicarbonato de sodio.

Los productores en sistemas de producción sin suelo no solo deben proporcionar los seis macro elementos (N, P, K, Ca, Mg y S), sino también los siete microelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl). Es esencialmente importante en un sistema sin suelo analizar la fuente de agua antes de desarrollar un programa nutricional, ya que el agua a utilizar puede contener muchos de los nutrientes esenciales, debiendo ser considerados al elaborar el programa de fertilización. El pH del agua es también crítico y puede ser necesario efectuar ajustes. La solución nutricional deberá tener un pH entre 5.5 y 6.0 (Hochmunth, 2001).

La instalación de equipos de fertirrigación en invernaderos, con enarenado o suelo, han inducido a los agricultores y a los técnicos a abonar en forma similar a como se realiza en los sistemas hidropónicos con sustratos inertes. Con base a la experiencia, esta práctica es contraria y los niveles en sistema en suelo deben ser diferentes a los que se utilizan en cultivos sin suelo; siendo una recomendación, en el caso de sistema en suelo, el utilizar en pepino holandés una solución con 12 a 16 mmol L⁻¹ de N, 1.5 a 1.8 mmol L⁻¹ de P; 3 a 5 mmol L⁻¹ de potasio; 2 a 3 mmol L⁻¹ de calcio y para magnesio de 0.5 a 0.8 mmol L⁻¹ (Vega *et al.*, 2004).

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

Este trabajo se realizó en el Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG) de la Universidad de Sonora (29° 00' 48'' N y 111° 08' 07'' O, con una altitud de 150 msnm), consistiendo en instalar y poner en operación un invernadero semi-automático y evaluar el rendimiento de cultivares (Camán, Modán y Esparón) de pepino de la empresa Rijk Zwaan.

Invernadero

Sobre una superficie de 210 m² (14.5 x 14.5 m), se armó una estructura metálica, con cubierta plástica doble de un espesor de 300 galgas y protección UV, paredes de policarbonato transparente, ventilación forzada con 2 extractores en la parte sur con una capacidad de 3 800 pies cúbicos por minuto y un par de paredes húmedas en la cara norte de 0.9 x 6.0 m cada una y controlada con dispositivos de tiempo. La aplicación de fertilizantes se hizo mediante el principio de venturi.

Aclimatación

Se instalaron termopares (tipo E) en direcciones N, S, E, y O a una distancia de 3.4 m del centro del invernadero, cubriendo el 50% de la superficie total, para evaluar la homogeneidad de la temperatura dentro de este. Así mismo, se instaló un Piranómetro CM3 (0.31 a 2.8 μm), Kipp & Zonen para evaluar el paso de la radiación a través de la cubierta plástica; comparable a piranómetro de la estación meteorológica del DAG. Dentro del invernadero, en la parte central del mismo, se instaló durante todo el experimento un multisensor WXT510 (Vaisala) que mide temperatura y humedad del aire, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento y precipitación, el cual opera conectado a un datalogger CR200 (Campbell Sci.). Los datos se muestrearon cada 30 s y promediados cada 10 min, y 24 horas (Figura 6).



Figura 6. Invernadero del DAG, multisensor WXT510 y datalogger CR200.

Material vegetal

El material vegetal que se utilizó fue pepino (*Cucumis sativus* L.), híbridos Camán, Esperón y Modán, todos ellos partenocárpicos.

Manejo agronómico

La separación de las hileras fue de 1.5 metros. La siembra fue a doble hilera con una separación de 40 cm entre hilera y 40 cm entre plantas. El sistema de riego por goteo fue mediante riego con cinta de un litro por hora, con goteros cada 30 centímetros entre ellos y con doble cinta de riego por hilera, para permitir una distribución más uniforme del riego.

La siembra se realizó el día 15 de septiembre de 2009, haciendo un hoyo de aproximadamente cinco centímetros de profundidad en donde se realizó la siembra colocando dos semillas a 1.5 a 2 cm por punto para asegurar la emergencia. El propósito del hoyo fue para una vez emergida la planta, cubrir la parte inferior del tallo y así estimular el crecimiento de raíces adventicias.

Tratamientos

Los tratamientos a evaluar fueron tres híbridos de pepino y el descuelgue de la planta una vez alcanzado el hilo superior. Una forma de descuelgue fue dejar solo el tallo principal eliminando los laterales; mientras que la otra forma consistió en pinzar el tallo principal y dejar dos laterales.

Variables evaluadas

Se evaluaron los días a floración, al igual que el inicio de cosecha, la producción (representada por el número de frutos por planta, el peso del fruto y el rendimiento por metro cuadrado); al igual que la calidad de la producción (longitud, diámetro y firmeza del fruto) los materiales utilizados para llevar a cabo estas mediciones fueron una cinta para la longitud, un vernier para el diámetro y un penetrómetro para la firmeza. Para la producción, se utilizó los estándares establecidos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1997), evaluando aquellos categoría Fancy por ser los de calidad de exportación.

Diseño experimental

El diseño fue de bloques completos al azar en arreglo factorial 3x2, con seis tratamientos y 4 repeticiones. Se evaluaron dos formas de descuelgue de la planta. Cada repetición estaba constituida por cinco plantas.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos en el experimento se utilizó el paquete estadístico SAS 6.12 (SAS Institute Inc., 1996). Se realizó el análisis de varianza de los datos y para la prueba de medias se utilizó Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Días a floración

Los días a floración no se vieron afectados por el híbrido, promediando 33 días desde la siembra hasta el inicio de la floración, sin diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Días a floración e inicio de cosecha en pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero.

| Tratamiento | Floración (días) | Corte (días) |
|-------------|------------------|--------------|
| Camán | 33a | 70a |
| Esparón | 32a | 69a |
| Modán | 33a | 66a |

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

Días a cosecha

La cosecha se realizó a los 14 días posteriores a la apertura de la flor (antesis), momento en el cual el fruto presentaba una longitud de 20-25 cm. Aunque el número de días a cosecha (Cuadro 7) se presentó con tres y cuatro días de antelación en el híbrido Modán, con respecto a Esparón y Camán respectivamente, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre híbridos, resultados que coinciden con Hochmuth *et al.* (1996) quienes no encontraron diferencias significativas para la producción precoz entre cultivares de pepino.

Producción

Los cortes dieron inicio el día 9 de noviembre, con un ritmo de recolección semanal. El número de frutos por planta, al igual que el peso del fruto y el rendimiento no se vieron afectados por el híbrido. Como se observa en el Cuadro 8, aunque el número de frutos por planta fue mayor en el híbrido Esparón con 16.8 frutos planta⁻¹, repercutiendo ello en el rendimiento del cultivo con un incremento superior al 6%, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre híbridos. Para las

variables peso del fruto y rendimiento, los resultados coinciden con los obtenidos por Hochmuth *et al.* (1996) y Té (2008), quienes evaluando cultivares de pepino no encontraron diferencias significativas para dichas variables; coincidiendo asimismo con Té (2008), quien menciona que el peso del fruto en pepino americano fluctúa de 300 a 400 g.

Cuadro 8. Número de frutos por planta, peso del fruto (g) y rendimiento (kg m^{-2} y cajas ha^{-1}) en pepino (*Cucumis sativus* L.), categoría Fancy, bajo condiciones de invernadero, por cultivar.

| Tratamiento | Frutos planta ⁻¹ | Peso fruto ⁻¹ (g) | Rendimiento (kg m^{-2}) | Rendimiento (cajas ha^{-1}) ^z |
|-------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| Camán | 15.1a | 337a | 16.3a | 6751a |
| Esparón | 16.8a | 324a | 17.3a | 7248a |
| Modán | 15.0a | 328a | 15.8a | 6499a |

^z cajas de 55 libras.

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

Del sistema de poda al descuelgue del cultivo (Cuadro 9), únicamente para la variable número de frutos por planta se observaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el híbrido Esparón con descuelgue a un tallo el que presentó mayor número de frutos, con 17.7 frutos planta⁻¹; mientras que Camán con la misma forma de descuelgue presentó el menor número de frutos, con 14.6 frutos planta⁻¹. La no diferencia significativa entre los sistemas de poda al descuelgue del cultivo se debe principalmente a que la producción en los tallos laterales es menor que en el tallo principal, como lo menciona Hochmuth (2001); además de que, durante el invierno, las temperaturas bajas (Figura 7) retardan el crecimiento del cultivo, minimizando el efecto del descuelgue.

Aunque con mayor número de frutos por planta en el híbrido Esparón, estadísticamente no se obtuvo mayor rendimiento, lo cual se debe principalmente a que los frutos son cosechados antes de alcanzar la madurez fisiológica y como su peso cambia rápidamente de un día a otro, el rendimiento depende de la fecha de corte (Staub *et al.*, 2009).

Cuadro 9. Número de frutos por planta, peso del fruto (g) y rendimiento (kg m^{-2} y cajas ha^{-1}) en pepino (*Cucumis sativus* L.), categoría Fancy, bajo condiciones de invernadero, por descuelgue.

| Tratamiento | Frutos planta ⁻¹ | Peso fruto ⁻¹ (g) | Rendimiento (kg m^{-2}) | Rendimiento (cajas ha^{-1}) ^z |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|--|
| Camán ¹ | 14.6 b | 345a | 16.3a | 6695a |
| Camán ² | 15.5ab | 329a | 16.3a | 6806a |
| Esparón ¹ | 17.7a | 330a | 18.5a | 7840a |
| Esparón ² | 15.8ab | 318a | 16.0a | 6656a |
| Modán ¹ | 14.9ab | 330a | 16.0a | 6514a |
| Modán ² | 15.1ab | 325a | 15.5a | 6483a |

¹ representa descuelgue a un tallo y ² representa descuelgue a dos tallos.

^z cajas de 55 libras.

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

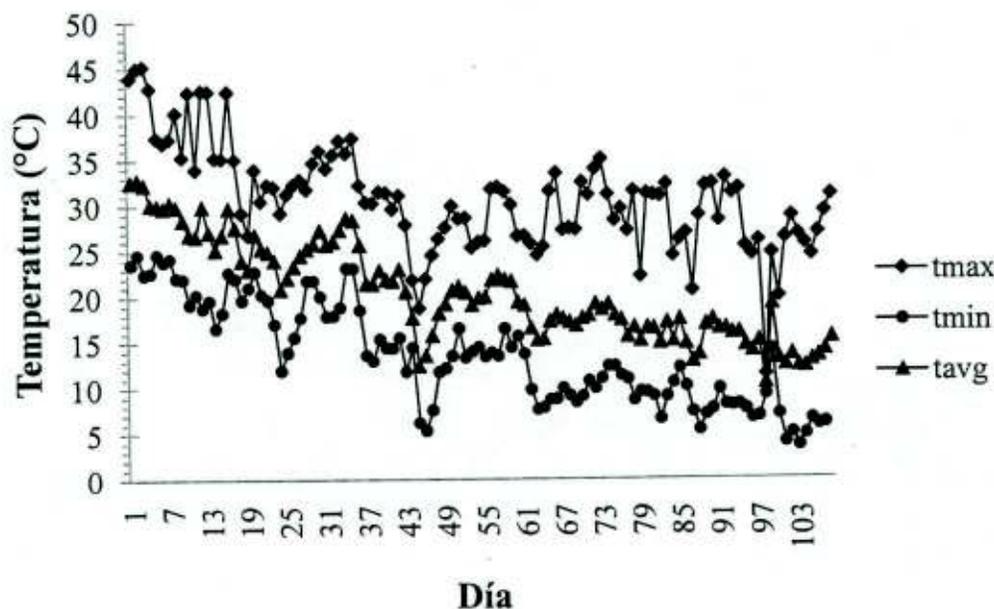


Figura 7. Temperaturas máximas y mínimas dentro del invernadero y la media de las mismas.

Calidad del fruto

La longitud del fruto y firmeza de los mismos fueron similares tanto entre híbridos como entre sistemas de poda al descuelgue del cultivo, fluctuando de 22.5 a 23.5 cm y de 4.9 a 5.0 kg respectivamente, no observándose diferencias significativas entre tratamientos (Cuadros 10 y 11). Lo anterior coincide con el estudio en variedades de pepino realizado por Té (2008), quien tampoco encontró diferencias significativas

para la longitud y firmeza del fruto. Asimismo, los resultados obtenidos coinciden con Wittwer y Honma (1997), al igual que Té (2008), quienes mencionan que la longitud del pepino americano fluctúa entre 20 y 25 cm, no siendo menor de 15 cm (USDA, 1997).

Cuadro 10. Longitud (cm), diámetro (mm) y firmeza (kg) del fruto en pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero, por cultivar.

| Tratamiento | Longitud fruto ⁻¹ (cm) | Diámetro fruto ⁻¹ (cm) | Firmeza fruto ⁻¹ (kg) |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Camán | 22.9a | 5.1a | 4.6a |
| Esparón | 23.1a | 5.0ab | 4.9a |
| Modán | 23.5a | 4.9 b | 4.8a |

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

Cuadro 11. Longitud (cm), diámetro (mm) y firmeza (kg) del fruto en pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero, por descuelgue.

| Tratamiento | Longitud fruto ⁻¹ (cm) | Diámetro fruto ⁻¹ (cm) | Firmeza fruto ⁻¹ (kg) |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Camán ¹ | 23.3a | 5.1a | 4.5a |
| Camán ² | 22.5a | 5.0ab | 4.8a |
| Esparón ¹ | 23.5a | 5.0ab | 4.8a |
| Esparón ² | 22.8a | 4.9 b | 5.0a |
| Modán ¹ | 23.5a | 4.9 b | 4.8a |
| Modán ² | 23.5a | 4.9 b | 4.8a |

¹ representa descuelgue a un tallo y ² representa descuelgue a dos tallos.

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

El diámetro del fruto se vio afectado por el híbrido y por el sistema de poda al descuelgue del cultivo; observándose diferencias significativas entre tratamientos. Como se observa en el Cuadro 10, el diámetro mayor de fruto se obtuvo en el híbrido Camán con 5.1 cm, mientras que Modán, con 4.9 cm, presentó el menor diámetro; resultados que coinciden con el estudio realizado por Té (2008), quien encontró un diámetro promedio de 5.1 cm en pepino americano. En el análisis del sistema de poda al descuelgue del cultivo (Cuadro 11), Camán con descuelgue a un tallo presentó el mayor diámetro de fruto, con 5.1 cm; mientras que Esparón con descuelgue a dos tallos y Modán en ambas formas de descuelgue presentaron el menor diámetro de fruto, con promedio de 4.9 cm. Los resultados obtenidos en Camán y Esparón coinciden con Wittwer y Honma (1997), al igual que Té (2008), quienes encontraron que el diámetro

del fruto en pepino fluctuó de 5.0 a 5.7 cm, no debiendo este pasar de los 6.0 cm (USDA, 1997).

CONCLUSIONES

En el ciclo agrícola de otoño-invierno 2009-2010, el manejo agronómico del cultivo de pepino en invernaderos sin calefacción se puede realizar con el descuelgue del cultivo a un tallo, sin necesidad de dejar laterales, debido a que las bajas temperaturas retardan el crecimiento de los brotes secundarios. Además de que dicha técnica requiere de menor mano de obra.

No se observó precocidad por parte de alguno de los híbridos evaluados, al igual que por el sistema de poda al descuelgue del cultivo, iniciando la floración a los 33 días después de la siembra y la cosecha a los 69 días.

El número de frutos por planta en el híbrido Esparón, con descuelgue del cultivo a un tallo, fue mayor respecto de Camán y Modán, recomendándose su implementación por presentar también bajo porcentaje de flores masculinas y menor cuateo.

El peso del fruto, al igual que los parámetros de calidad, representados estos por la longitud, el diámetro y la firmeza del fruto, estuvieron dentro de los estándares establecidos para pepino americano, con un peso promedio de 330 g en la categoría Fancy, longitud de 23.2 cm, diámetro de 5.0 cm y firmeza de 4.8 kg.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Martinez, V., T.M. Zobeck, T.E. Gill y A.C. Kennedy. 2003. Enzyme activities and microbial community structure in semiarid agricultural soils. *Biol. and Fertil. Soils* 38:216-227.
- Aguado, G. 2002. Guía del pepino. Suelo en invernadero frío. Tudela. P. 8.
- Antón, M. 2004. Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis. En: http://www.tdr.cesca.es/TEISIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0420104-100039/03CAPITOL2.pdf
- Bot, G.P.A. 1983. Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model. Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands. (Ph. D. Thesis)
- Businger. J.A. 1963. The glasshouse (greenhouse) climate. In: *Physics of Plant Environment*. W.R. Van Wijk (Ed.). Amsterdam, North Holland Publ. Co.
- Castilla, N. 1996. Influencia de la radiación solar en invernadero sobre la calidad de la producción hortícola. En: *Productividad y calidad del pimiento tipo lamuyo c.v. Kalifa: respuesta a la fertilización potásica*. V Jornadas del Grupo de Horticultura, Logroño, España. pp. 34-37.
- Cresswell, G. C. 1998. Nutrient disorders of greenhouse Lebanese cucumbers. Orange, N.S.W., NSW Agriculture. Agfacts H8.3.3.
- Euroresidentes. 2010. Pepino (*Cucumis sativus* L.). En: <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/pepino.htm>
- Grange, R.I. y D.W. Hand. 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. *J. Hort Sci.* 62:125-134.
- Grijalva, R.L., R. Macías y R. Robles. 2006. Productividad y calidad de variedades de tomate bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biotecnia*. 8:3-11.

- Hanan, J.J. 1998. Greenhouses. Advanced technology for protected horticulture. CRC Press LLC. USA.
- Hanan, J.J., W.D. Holley y K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse Management. Springer-Verlag. New York, USA.
- Hoagland, D.R. y D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agr. Expt. Sta. Circ. 347. Berkeley, California. USA.
- Hochmuth, R.C. 2001. Greenhouse cucumber production - Florida greenhouse vegetable production. Handbook, Vol. 3. Revised Edition. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. HS790. P. 7.
- Hochmuth, R.C., L.C. Leon y G.J. Hochmuth. 1996. Evaluation of Twelve Greenhouse Cucumber Cultivars and Two Training Systems over Two Seasons in Florida. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 109:174-177.
- Hunter, J. y G.W. Hickman. 1984. Greenhouse Cucumber Production. Texas A & M University. College Station Texas. Department of Horticultural Sciences. En:<http://aggie-orticulture.tamu.edu/greenhouse/hydroponics/cucumber.html>
- Hortalizas. En: [http://www.hortalizas.com/articles/image/Persa%20Cuke_Hazera%20Experimental%20Station_Expo%20SIN%2009%20by%20AR%20117%20\(81\).jpg](http://www.hortalizas.com/articles/image/Persa%20Cuke_Hazera%20Experimental%20Station_Expo%20SIN%2009%20by%20AR%20117%20(81).jpg)
- Hortoejido. En: <http://www.actiweb.es/hortoejido/imagen6.jpg?14486>.
- Infoagro. El cultivo del pepino. En: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>
- Jensen, M. 1997. Food production in greenhouse. p. 1-14. In: Plant production in closed Ecosystems. Kluwer, Dordrecht. The Netherlands.
- Jensen, M.H. y M.A. Terán. 1971. Use of controlled environment for vegetable production in desert regions of the world. Hortscience 6:33-36.
- Jurado, A. 1999. El cultivo del pimiento en el poniente almeriense. En: Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegido. Caja rural de Almería, Almería. 2:57-87.

- Klose, S., J.M. Moore y M.A. Tabatabai. 1999. Arylsulfatase activity of microbial biomass in soils as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils* 29(1):46-54.
- Krause, G.H. 1994. Photoinhibition induced by low temperatures. In: *Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field*. N.R. Baker and J.R., Bowyer (Eds.). BIOS Scientific Publishers, Oxford. pp. 331-348.
- Li, D., Z. Wu, C. Liang y L. Chen. 2004 Characteristics and regulation of greenhouse soil environment. *Chin. J. Ecol.* 23:192-197.
- Lyon, J.M. 1973. Chilling injury in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24:445-466.
- Marr, C.W. 1995. Greenhouse cucumbers. Commercial greenhouse production. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. P. 4.
- Mastalerz, J.W. 1977. *The Greenhouse Environment*. John Wiley and Sons, New York. USA.
- Moreno, I.M., J.R. Thompson y F. Garcia-Arenal. 2004. Analysis of the systemic colonization of cucumber plants by *Cucumber green mottle mosaic virus*. *J. Gen. Virol.* 85:749-759.
- Powles, S.B., J.A. Berry y O. Björkman. 1982. Interaction between light and chilling temperature on the inhibition of photosynthesis in chilling-sensitive plants. *Plant, Cell Environ.* 6(2):117-123.
- SAS Institute Inc. 1996. *The SAS system for windows release 6.12*. Cary, North Carolina. USA.
- Serrano, Z. 1996. *Cultivo de hortalizas en invernadero*. Editorial Aedos. Barcelona, España.
- Shive, J.W. y W.R. Robbins. 1937. *Methods of growing plants in solution and sand cultures*. New Jersey Agr. Expt. Sta. Bul. 636.
- Soler S., M.J. Díez y F. Nuez. 1998. Effect of temperature regime and growth stage interaction on pattern of virus presence in TSWV resistant accessions of *Capsicum chinense*. *Plant Disease* 82(11):1199-1204.

- Sonneveld, C. y J. Van Den Ende. 1971. Soil analysis by means of a 1:2 volume extract. *Plant and Soil* 35:505-516.
- Staub, J.E., M.D. Robbins y T.C. Wehner. 2009. Cucumber. North Carolina State University. Cucurbit Breeding. Horticultural Science. P. 43. En: <http://cuke.hort.ncsu.edu/cucurbit/wehner/articles/book15.pdf>
- Té, E. 2008. Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ingeniería. (Tesis)
- Terashima I., S. Funayama y K. Sonoike. 1994. The site of photoinhibition in leaves of *Cucumis sativus* L. at low temperatures is photosystem I, not photosystem II. *Planta* 193:300-306.
- UAQ. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ingeniería. En: <http://www.uaq.mx/ingenieria/especialidad>
- University of Alaska. 2009. Cucumber production in greenhouses. Cooperative Extension Service. HGA-00434. En: <http://www.uaf.edu/ces/publications-db/catalog/anr/HGA-00434.pdf>
- USDA. 1997. United States Standards for grades of cucumbers. United States Department of Agriculture. Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable Division. Fresh Products Branch. P. 7.
- Valadez, A. 2001. La producción de hortalizas en México. Buenavista, Saltillo, Coahuila. P. 7. En: http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_08.pdf
- Vega M.C., A.S. Rodríguez-Romero y M.S. Piñero. 2004. Potential use of rhizobacteria from *Bacillus* genus to stimulate plant growth of micropropagated banana. *Fruits* 59(2):83-90.
- Ven y tomate. En: <http://www.veny tomateuncafeconcafeina.es/blog/wpcontent/uploads/2010/05/pepinol.jpg>
- Wikipedia. 2010. *Cucumis sativus*. En: http://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_sativus
- Withrow, R.B. y A.P. Withrow. 1948. Nutriculture. Purdue Univ. Agr. Expt. Sta. W. Lafayette, Md. S.C. 328.

Wittwer, S.H. y S. Honma. 1997. Greenhouse tomatoes, lettuce, and cucumbers. Section 3, Greenhouse cucumbers. Michigan State University. En: <http://www.lpl.arizona.edu/~bcohen/cucumbers/greenhouse.html>

Xue, J. C. 1994. The soil factors causing physiological defect of vegetable cultivated in protected farmland and countermeasures. Soil Fertilizer 1:4-9.

Pr 3428